

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Franjo Josipović

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Zoran Lulić, dipl. ing.

Student:

Franjo Josipović

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

ZAHVALA:

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Zoranu Luliću, dipl. ing. na ukazanom povjerenju te na mnogim korisnim savjetima i primjedbama tijekom izrade ovog rada.

Hvala mojoj obitelji na nesebičnoj podršci, velikom strpljenju i potpori te što su mi omogućili život i studiranje u drugom gradu.

Veliko hvala i mojoj djevojci, Andrei, što je uvijek imala strpljenja i razumijevanja za mene.

Franjo Josipović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, broдостројарски i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Franjo Josipović** Mat. br.: 00 35169448

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Katastar emisija necestovnih pokretnih strojeva**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Emission Inventory of Non Road Mobile Machineries**

Opis zadatka:

Sukladno odredbama direktive 97/68/EC necestovni pokretni strojevi NCPS (engl. *Non Road Mobile Machineries NRM*) je skupni naziv za cijeli niz strojeva pokretanih motorom s unutarnjim izgaranjem. Raspon strojeva u koje se ugrađuju motori s unutarnjim izgaranjem, a koje pokriva direktiva je od malih ručnih uređaja kao što su motorne pile, trimeri za travu, čistači šikare i puhala, preko građevinskih strojeva i generatora, pa sve do lokomotiva i brodova unutarnje plovidbe (kopneni vodeni putovi).

Obzirom da motori tih strojeva rade na jednakom principu kao i svi ostali motori s unutarnjim izgaranjem na jednak način stvaraju i emisije onečišćujućih tvari. Zbog relativno velike starosti postojećih strojeva i skromnih performansi ili nepostojanja uređaja za naknadnu obradu ispušnih plinova novih strojeva oni uvelike pridonose onečišćenju zraka.

Cilj EU je zaštita ljudskog zdravlja i okoliša, a namjerava ga se ostvariti postupnim smanjivanjem emisija iz takvih strojeva pri čemu je prvi korak sagledavanje trenutnog odnosno polaznog stanja.

Kako se prema dosadašnjim pravilnicima podaci o njihovom broju, vrsti/namjeni i emisijama nigdje ne evidentiraju i obrađuju, cilj rada je osmisliti prvi katastar emisija necestovnih pokretnih strojeva za područje Republike Hrvatske.

U uvodnom dijelu rada, kao pregled područja treba:

- objasniti što je katastar (inventar, popis) emisija,
- kako ga se izrađuje za druga područja izvora emisija (stacionarni, mobilni, ...).

Glavni cilj rada je:

- razvoj metodologije prikupljanja podataka,
- izrada katastra emisija emisija (engl. *NRM emission inventory*) za Republiku Hrvatsku.

Za početna razmatranja zatražiti literaturu od mentora (konferencija TAP 2014, Graz + engleska uputa za izradu inventara emisija od NCPS/NRM). U okviru rada treba osmisliti strukturu baze podataka za prikupljanje podataka o novim necestovnim pokretnim strojevima stavljenim na tržište RH.

Pri izradi se treba pridržavati uobičajenih pravila za izradu diplomskoga rada. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

5. svibnja 2016.

7. srpnja 2016.

13., 14. i 15. srpnja 2016.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zoran Lulić

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS KRATICA	VI
POPIS OZNAKA	VIII
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY	X
1. UVOD.....	1
2. DIREKTIVE EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA O EMISIJAMA IZ NCPS	4
2.1. Od 1997. do 2004. godine - Stupanj I i Stupanj II	5
2.2. 2002. godina - Uključeni mali motori s paljenjem pomoću svjeće.....	7
2.3. Od 2004. godine do 2014. godine - Prihvaćeni Stupanj III i Stupanj IV	7
2.4. Prijedlog od 2014. godine - Stupanj V	9
2.5. Plovni objekti unutrašnje plovidbe	10
2.6. Motori za željezničku vuču	12
3. EMEP/EEA VODIČ ZA IZRADU INVENTARA EMISIJA ONEČIŠĆENJA ZRAKA	14
3.1. Necestovni pokretni strojevi ne ubrajajući željeznička vozila i plovne objekte unutrašnje plovidbe.....	15
3.1.1. Kategorizacija NCPS	17
3.1.2. Emisije iz NCPS	26
3.1.3. Metode procjene emisija iz NCPS	28
3.2. Željeznički promet	43
3.2.1. Emisije iz željezničkih vozila	44
3.2.2. Metode procjene emisija iz željezničkog prometa	45
3.3. Unutrašnja plovidba	50
3.3.1. Emisije iz unutrašnje plovidbe.....	51
3.3.2. Metode procjene emisija iz unutrašnje plovidbe.....	51
4. INVENTAR EMISIJA NCPS ZA REPUBLIKU HRVATSKU	57
4.1. Prikupljanje podataka za izradu inventara	57
4.1.1. Podatci o NCPS.....	57
4.1.2. Podatci o željezničkom prometu	57

4.1.3. Podatci o unutrašnjoj plovidbi	65
4.2. Računanje emisija	68
4.2.1. Emisije iz željezničkog prometa	68
4.2.2. Emisije iz unutrašnje plovidbe	70
5. PRIJEDLOG STRUKTURE BAZE PODATAKA O NOVIM NCPS STAVLJENIMA NA TRŽIŠTE REPUBLIKE HRVATSKE	72
6. ZAKLJUČAK.....	77
LITERATURA.....	79

POPIS SLIKA

Slika 1. Struktura emisije stakleničkih plinova 2013. godine u gradu Vancouveru [2].....	1
Slika 2. Kronološki prikaz uvođenja Stupnjeva IIIA, IIIB i IV [4]	5
Slika 3. Vremenska skala ažuriranja EMEP/EEA Vodiča [7]	14
Slika 4. Organizacijska struktura LRTAP konvencije [8].....	15
Slika 5. Dijagram toka za izbor odgovarajuće metode za procjenu emisija iz NCPS [9].....	29
Slika 6. Primjer stranice iz Vodiča s emisijskim faktorima za Tier 1 metodu [9]	32
Slika 7. Primjer stranice iz Vodiča s emisijskim faktorima za Tier 2 metodu [9]	36
Slika 8. Primjer stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s postotcima specifične potrošnje goriva za Tier 2 metodu [9]	38
Slika 9. Primjer stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s emisijskim faktorima i potrošnjom goriva za NCPS pokretane Dieselovim motorima za metodu Tier 3 [9].....	41
Slika 10. Primjer stranice iz Vodiča na kojoj su tablice s emisijskim faktorima i potrošnjom goriva za NCPS pokretane Ottovim motorima za metodu Tier 3 [9].....	42
Slika 11. Dijagram toka za izbor odgovarajuće metode za procjenu emisija iz željezničkog prometa [9]	46
Slika 12. Dijagram toka za izbor odgovarajuće metode za procjenu emisija iz unutrašnje plovidbe [9]	52
Slika 13. Pregled pruga u RH [11]	59
Slika 14. Ostvaren brutotonski promet teretnih vlakova po prugama u 2014. godini [11].....	60
Slika 15. Ostvaren brutotonski putnički promet po prugama u 2014. godini [11].....	60
Slika 16. Serije lokomotiva i motornih vlakova u upotrebi u RH [11]	61
Slika 17. Struktura aktivnih lokomotiva i motornih vlakova na dan 31.12.2015. godine [11]	62
Slika 18. Vodni putovi u Republici Hrvatskoj [13]	66
Slika 19. Dijagram emisija iz željezničkog prometa za RH.....	69
Slika 20. Dijagram emisija iz unutrašnje plovidbe za RH	71

POPIS TABLICA

Tablica 1. Granične vrijednosti emisija Stupnjeva I i II za necestovne Diesellove motore [5] ..	6
Tablica 2. Granične vrijednosti emisija Stupnja III A/B za Diesellove motore necestovnih strojeva [5].....	8
Tablica 3. Granične vrijednosti emisija Stupnja IV za Diesellove motore necestovnih strojeva [5]	8
Tablica 4. Predložene granične vrijednosti emisija Stupnja V za motore necestovnih strojeva [5]	10
Tablica 5. Granične vrijednosti emisija Stupnja IIIA za plovne objektne u unutrašnjim vodama [5].....	11
Tablica 6. Predložene granične vrijednosti emisija Stupnja V za plovne objekte u unutrašnjim vodama [5].....	11
Tablica 7. Granične vrijednosti emisija Stupnja IIIA i IIIB motora za željezničku vuču [5] ..	12
Tablica 8. Predložene granične vrijednosti emisija Stupnja V za motore za željezničku vuču [5]	12
Tablica 9. Usporedba europskih i SAD-ovih graničnih vrijednosti emisija [6].....	13
Tablica 10. Podatci o udjelu u ukupnoj emisiji čestica, NO _x i NMVOC za različite kategorije NCPS iz EMEP baze podataka iz 2015. godine [9]	26
Tablica 11. Udio emisije glavnih podkategorija NCPS u ukupnoj emisiji (u postotcima), prema procjeni US-EPA [9]	27
Tablica 12. Potrošnja goriva za različite vrste lokomotiva [9]	48
Tablica 13. Pregled građevinskih duljina pruga [11]	58
Tablica 14. Ostvareni kilometri i brutotonski kilometri vučnih vozila za 2014. godinu [12]..	63
Tablica 15. Ostvareni kilometri i brutotonski kilometri vučnih vozila za 2015. godinu [11]..	64
Tablica 16. Vodni putovi u Republici Hrvatskoj uvršteni u mrežu europskih vodnih putova po AGN-u [14]	65
Tablica 17. Prijevoz robe na unutrašnjim vodnim putovima od 2005. do 2014. godine [11]..	67
Tablica 18. Prijevoz robe na unutrašnjim vodnim putovima u 2015. godini [16]	67
Tablica 19. Emisije iz željezničkog prometa za 2014. i 2015. godinu.....	69
Tablica 20. Emisija SO ₂ iz željezničkog prometa za 2014. i 2015. godinu	69
Tablica 21. Emisije iz unutrašnje plovidbe od 2005. do 2015. godine	70

Tablica 22. Tablica za bazu podataka o novim NCPS koji se stavljaju na tržište	73
Tablica 23. Tablica za bazu podataka o novim pružnim vozilima koja se stavljaju na tržište	74
Tablica 24. Tablica za bazu podataka o novim plovilima koja se stavljaju na tržište	75

POPIS KRATICA

NRMM	Necestovni prijevozni stroj (engl. <i>Non-Road Mobile Machinery</i>)
NCPS	Necestovni prijevozni stroj
UNFCCC	Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime (engl. <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
LRTAP	Konvencija o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (engl. <i>Long-Range Transboundary Air Pollution</i>)
EC	Europska Komisija (engl. <i>European Commission</i>)
EU	Europska Unija (engl. <i>European Union</i>)
EZ	Europska Zajednica
EMEP	(engl. <i>European Monitoring and Evaluation Programme</i>)
EEA	Europski gospodarski prostor (engl. <i>European Economic Area</i>)
UNECE	Ekonomska komisija Ujedinjenih Naroda za Europu (engl. <i>United Nations Economic Commission for Europe</i>)
TFEIP	Radna skupina za inventare emisija i predviđanja emisija (engl. <i>Task Force on Emission Inventories and Projections</i>)
SNAP	Odabrano nazivlje za onečišćenje zraka (engl. <i>Selected Nomenclature for Air Pollution</i>)
UNP	Ukapljeni naftni plin
US-EPA	Agencija za zaštitu okoliša Sjedinjenih Američkih Država (engl. <i>United States Environmental Protection Agency</i>)
SCR	Selektivna katalitička redukcija (eng. <i>Selective Catalytic Reduction</i>)
SNCR	Selektivna redukcija bez katalizatora (eng. <i>Selective Non-Catalytic Reduction</i>)
DPF	Filter čestica (engl. <i>Diesel Particulate Filter</i>)
EGR	Povrat ispušnih plinova (engl. <i>Exhaust Gas Recirculation</i>)

PEMS	Prijenosni sustav za mjerenje emisija (engl. <i>Portable Emissions Measurement System</i>)
NFR	Nazivlje za izvještavanje (engl. <i>Nomenclature For Reporting</i>)
GVA	Bruto dodana vrijednost (engl. <i>Gross Value Added</i>)
TREMOT	Model za izračunavanje emisija iz prometa (engl. <i>Transport Emission Model</i>)
BFO	Brodsko gorivo (engl. <i>Bunker Fuel Oil</i>)
MDO	Brodski dizel (engl. <i>Marine Diesel Oil</i>)
MGO	Brodski plin (engl. <i>Marine Gas Oil</i>)
NMVOC	Nemetanski isparljivi organski spojevi (engl. <i>Non-Methane Volatile Organic Compound</i>)
EF	Emisijski faktor (engl. <i>Emission Factor</i>)
LF	Faktor opterećenja (engl. <i>Load Factor</i>)
FC	Potrošnja goriva (engl. <i>Fuel Consumption</i>)
RH	Republika Hrvatska
HŽ	Hrvatske željeznice
AGN	Europski ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značaja (engl. <i>European Agreement on Main Inland Waterways of International Importance</i>)
TSP	Ukupne lebdeće čestice (engl. <i>Total Suspended Particulates</i>)

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
CO	-	Ugljikov monoksid
CO ₂	-	Ugljikov dioksid
NO _x	-	Dušikovi oksidi
PM ₁₀	-	Čestice promjera manjeg od 10 µm
HC	-	Ugljikovodici, svi spojevi oblika C _n H _m
PN	-	Količina čestica
P	W	Snaga
V	m ³	Volumen
SO ₂	-	Sumporov dioksid
T	h	Vrijeme

SAŽETAK

Tema diplomskog rada je izrada inventara emisija štetnih onečišćujućih tvari iz necestovnih pokretnih strojeva. U radu je naveden povijesni pregled pravilnika za smanjenje graničnih vrijednosti emisija iz necestovnih pokretnih strojeva te je također naveden i prijedlog Europske Komisije iz 2014. godine o graničnim vrijednostima emisija koje će se uvesti u godinama koje slijede. Također su dane granične vrijednosti emisija iz plovniha objekata unutrašnje plovidbe i iz motora za željezničku vuču.

U drugom dijelu rada su navedeni necestovni pokretni strojevi raspodijeljeni prema kategorijama te su opisane metode za procjenu emisija iz necestovnih pokretnih strojeva, željezničkog prometa i unutrašnje plovidbe pomoću EMEP/EEA Vodiča za izradu inventara emisija onečišćenja zraka.

Zatim je opisano prikupljanje podataka za izradu inventara necestovnih pokretnih strojeva za Republiku Hrvatsku te su izračunate emisije iz željezničkog prometa i iz unutrašnje plovidbe.

Na kraju rada je dan prijedlog strukture baze podataka o novim necestovnim pokretnim strojevima stavljenima na tržište Republike Hrvatske te prijedlog za prikupljanje podataka o necestovnim pokretnim strojevima koji su već u upotrebi.

Ključne riječi: *necestovni pokretni strojevi, emisija, unutrašnja plovidba, željeznički promet, CO₂, CO, HC, NO_x, PM*

SUMMARY

This thesis deals with making emission inventory of harmful pollutants originating from non-road mobile machinery. Historical overview of standards and regulations for reducing emissions from non-road mobile machinery and EU Commission proposal from year 2014. on emission limits that will be introduced in the following years have been listed. Also, emission limits on inland water vessels and rail traction engines have been listed.

In the second part of the thesis, non-road mobile machinery is categorized and emission estimation methods on non-road mobile machinery, rail transport and inland navigation by use of EMEP/EEA emission inventory guidebook have been described.

Then, gathering activity data for making emission inventory of non-road mobile machinery for Republic of Croatia has been described and the emissions from rail transport and inland navigation have been calculated.

At the end of the thesis, proposal of structure of database on new non-road mobile machinery placed on the market of Republic of Croatia and proposal of gathering datas on non-road mobile machinery that is already in use have been given.

Key words: *non-road mobile machinery, emission, inland navigation, rail transport, CO₂, CO, HC, NO_x, PM*

1. UVOD

Emisije iz necestovnih pokretnih strojeva (NCPS) u mnogim državama čine znatan udio u ukupnoj emisiji tvari koje onečišćuju zrak. Ovo se posebno odnosi na emisije dušikovih oksida (NO_x) i čestica (PM) iz motora pogonjenih dizelskim gorivom te na emisije ugljikovodika (HC) i ugljikovog monoksida (CO) uglavnom iz dvotaktnih Ottovih motora. Općeniti podatci o emisijama štetnih tvari iz necestovnih pokretnih strojeva su puno manje zastupljeni od podataka o emisijama iz cestovnih vozila. Većina dostupnih podataka o emisijama iz necestovnih pokretnih strojeva dolazi od podataka o motorima testiranim u laboratoriju te stoga nije poznato koliko dobro ti podatci prikazuju stvarne emisije štetnih tvari dok su u pogonu u stvarnim uvjetima.

Iako ne čini jako veliki udio u usporedbi s cjelokupnom emisijom štetnih tvari u svijetu, emisija štetnih tvari iz necestovnih pokretnih strojeva može biti itekako važan čimbenik u lokalnim sredinama. Na primjer, prema popisu emisija štetnih tvari iz 2010. godine za grad London, procjenjuje se da je udio emisije štetnih tvari iz necestovnih pokretnih strojeva na gradilištima 12 % za NO_x te 15 % za PM_{10} [1]. Također, prema dostupnim podacima za grad Vancouver iz 2013. godine, vidljivo je da je udio emisije stakleničkih plinova iz necestovnih pokretnih strojeva u tom gradu oko 7 %, a ako se tome pridodaju emisije iz brodskog i željezničkog prometa, onda čine oko 12 %, što je prikazano na Slika 1.



Slika 1. Struktura emisije stakleničkih plinova 2013. godine u gradu Vancouveru [2]

U svrhu prikupljanja podataka o emisijama štetnih tvari rade se inventari emisija (još se nazivaju popisima i katastrima). Inventar emisija je popis onečišćivača zraka ispuštenih u atmosferu. Inventari emisija obično sadrže jedan ili više stakleničkih plinova ili onečišćujućih komponenti zraka proizašlih iz svih izvora onečišćenja na određenom zemljopisnom području unutar određenog vremenskog okvira, obično unutar jedne godine. Inventare emisija obično karakteriziraju različite aktivnosti koje uzrokuju emisije, kemijski ili fizički sastav onečišćivača, zemljopisno područje koje pokriva onečišćenje, vremenski period tijekom kojeg su izvršene procjene emisije te metodologija koja je korištena pri izradi inventara. Emisije u okoliš su početna točka razmatranja svakog problema vezanog uz onečišćenje okoliša. Stoga su podatci o emisijama u okoliš nezaobilazan uslov u razumijevanju problema vezanih uz okoliš te kako bi se kontrolirao napredak u rješavanju tih problema.

Inventari emisija se rade za različite svrhe. Najčešće su to političke i znanstvene svrhe. Političarima inventari emisija služe za praćenje napretka smanjenja emisija te za razvijanje novih strategija i donošenje novih zakona koji se tiču smanjenja emisija. Znanstvenicima podatci iz inventara emisija služe da bi u svojim istraživanjima mogli odrediti uzroke onečišćenja zraka u proučavanom području.

Kvaliteta registra emisija ovisi o njegovoj upotrebi. Kod primjene u političke svrhe inventar bi trebao biti u skladu s onim što je odlučeno pripadajućom konvencijom. Prema UNFCCC (engl. *United Nations Framework Convention on Climate Change*) i LRTAP (engl. *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*) konvencijama inventari emisija bi trebali ispunjavati sljedeće kriterije:

- **Transparentnost:** pretpostavke i korištena metodologija moraju biti jasno objašnjeni kako bi se olakšala procjena podataka od strane korisnika.
- **Dosljednost:** inventar se mora podudarati u svim svojim elementima s inventarima iz prethodnih godina. Inventar se smatra dosljednim ako je kao baza korištena jednaka metodologija kao u prethodnim inventarima te ako su korišteni jednaki podatci za procjenu emisija. Inventar se smatra dosljednim i ako je korištena drugačija metodologija u usporedbi s inventarima iz prethodnih godina, s tim da su podatci transparentno preračunati i usporedivi.

- **Usporedivost:** procjene emisija moraju biti usporedive među svim strankama koje sudjeluju u izradi inventara emisija. U tu svrhu, stranke se trebaju pridržavati oblika i metodologija dogovorenih na konvencijama o inventarima.
- **Kompletnost:** inventar treba pokriti sve izvore emisija kao i sve onečišćivače koji su navedeni u konvenciji te sve ostale značajne izvore emisija koji možda nisu navedeni na konvenciji, ali su prisutni i specifični za pojedinu stranku. Kompletnost znači i punu zemljopisnu pokrivenost svih izvora emisija pojednine stranke koja sudjeluje u izradi inventara.
- **Točnost:** podatci u inventarima trebaju što je točnije moguće opisivati stvarne emisije.

2. DIREKTIVE EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA O EMISIJAMA IZ NCPS

Europske direktive o emisijama za motore koji se koriste u necestovnim pokretnim strojevima su strukturirane stupnjevito od emisijske razine Stupnja I do emisijske razine Stupnja V koja je najstroža. Emisijske razine od Stupnja I do Stupnja IV za motore pogonjene dizelskim gorivom su određene Direktivom 97/68/EC te sa šest amandmana usvojenih od 2002. do 2012. godine. Jedan od amandmana uvodi emisijske razine za male necestovne strojeve s Ottovim motorima. Od Stupnja V novom regulativom će biti određeni emisijski zahtjevi za sve kategorije motora s kompresijskim paljenjem necestovnih strojeva kao i s vanjskim izvorom paljenja, čime će se zamijeniti Direktiva 97/68/EZ i svi njezini amandmani.

Regulativa o emisiji necestovnih pokretnih strojeva se sastoji od sedam direktiva:

- Direktiva 97/68/EC
 1. Direktiva 2002/88/EC
 2. Direktiva 2004/26/EC
 3. Direktiva 2006/105/EC
 4. Direktiva 2010/26/EU
 5. Direktiva 2011/88/EU
 6. Direktiva 2012/46/EU

Navedene Direktive se odnose na motore s kompresijskim paljenjem, motore s vanjskim izvorom paljenja, motore s konstantnom brzinom rada, lokomotive i motorne vlakove te na plovne objekte unutarnjih voda.

Direktiva 97/68/EZ Europskog Parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 1997. godine je direktiva o usklađivanju zakonodavstva država članica u odnosu na mjere protiv emisije plinovitih i krutih onečišćujućih tvari iz motora s unutarnjim izgaranjem koji se ugrađuju u necestovne pokretne strojeve [3]. Na ovu direktivu se nadovezuju sve ostale direktive.

Definicija necestovnog pokretnog stroja iz Direktive 97/68/EZ kaže da necestovni pokretni stroj znači svaki pokretni stroj, prijenosnu industrijsku opremu ili vozilo s karoserijom ili bez nje, koji nije namijenjen cestovnom prijevozu putnika ili robe, u koji je ugrađen motor s unutarnjim izgaranjem.[3]

Najvažniji regulatorni koraci u razvoju pravilnika za emisije iz necestovnih pokretnih strojeva u EU su navedeni u nastavku teksta, a kronološki red uvođenja Stupnjeva IIIA, IIIB i IV je prikazan na Slika 2.



Slika 2. Kronološki prikaz uvođenja Stupnjeva IIIA, IIIB i IV [4]

2.1. Od 1997. do 2004. godine - Stupanj I i Stupanj II

Prva Europska regulativa o regulaciji emisija iz necestovnih pokretnih strojeva je objavljena 16. prosinca 1997. godine. Propisi za necestovne pokretne strojeve s motorima na dizelsko gorivo su predstavljeni u dva stupnja. Stupanj I je uveden 1999. godine, a Stupanj II je uveden od 2001. do 2004. godine, ovisno o efektivnoj snazi motora.

Strojevi čiji su motori obuhvaćeni ovim direktivama uključuju, ali nisu ograničeni na sljedeće:

- industrijska oprema za bušenje,
- kompresori,
- utovarivači na kotačima,
- buldožeri,
- necestovni kamioni,
- oprema za održavanje putova,
- oprema za čišćenje snijega,
- viličari,
- oprema za zemaljsku podršku u zračnim lukama,
- škaraste dizalice,

- pokretne dizalice,
- samohodna poljoprivredna vozila (osim traktora),
- šumarska oprema,
- oprema za rukovanje materijalom.

Direktiva 97/68/EC se ne odnosi na motore koji se ugrađuju u brodove, lokomotive, letjelice i generatore snage veće od 1000 kW.

Ograničenja emisija za Stupnjeve I i II su prikazana u Tablica 1.

Tablica 1. Granične vrijednosti emisija Stupnjeva I i II za necestovne Diesellove motore [5]

Cat.	Net Power	Date*	CO	HC	NOx	PM
	<i>kW</i>		<i>g/kWh</i>			
Stage I						
A	130 ≤ P ≤ 560	1999.01	5.0	1.3	9.2	0.54
B	75 ≤ P < 130	1999.01	5.0	1.3	9.2	0.70
C	37 ≤ P < 75	1999.04	6.5	1.3	9.2	0.85
Stage II						
E	130 ≤ P ≤ 560	2002.01	3.5	1.0	6.0	0.2
F	75 ≤ P < 130	2003.01	5.0	1.0	6.0	0.3
G	37 ≤ P < 75	2004.01	5.0	1.3	7.0	0.4
D	18 ≤ P < 37	2001.01	5.5	1.5	8.0	0.8
* Stage II also applies to constant speed engines effective 2007.01						

2.2. 2002. godina - Uključeni mali motori s paljenjem pomoću svjeće

9. prosinca 2002. godine Europski Parlament je usvojio Direktivu 2002/88/EC o izmjenama i dopunama Direktive 97/68/EC dodajući granične vrijednosti emisija za male Ottove motore snage manje od 19 kW. Ovom je direktivom također proširena i primjena Stupnja II na motore s konstantnom brzinom vrtnje.

2.3. Od 2004. godine do 2014. godine - Prihvaćeni Stupanj III i Stupanj IV

Europski Parlament je 21. travnja 2004. godine usvojio granične vrijednosti emisija Stupnja III i IV za necestovne motore te 21. veljače 2005. godine za poljoprivredne i šumske traktore. 2010. godine su usvojene još dvije direktive: Direktiva 2010/26/EU koja donosi daljnje tehničke detalje u vezi testiranja i odobravanja motora Stupnja IIIB i Stupnja IV te Direktiva 2010/22/EU kojom se unose ispravke na ranije propise koji se odnose na poljoprivredne i šumske traktore.

Stupanj III podijeljen je u Stupanj IIIA i Stupanj IIIB, a uvođeni su od 2006. do 2013. godine, a Stupanj IV je u primjeni od 2014. godine. Stupnjevi III i IV, uz dodatak kategorija motora određenih Stupnjevima I i II, se još dodatno odnose na motore lokomotiva te na brodske motore koji se koriste u unutrašnjoj plovidbi. Stupnjevi III i IV se odnose samo na nova vozila i opremu. Stupanj III, koji je podijeljen na pod-stupnjeve IIIA i IIIB, te Stupanj IV za motore necestovnih strojeva pogonjene dizelskim gorivom su navedeni u Tablica 2 i Tablica 3.

Tablica 2. Granične vrijednosti emisija Stupnja III A/B za Diesellove motore necestovnih strojeva [5]

Cat.	Net Power	Date†	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
	kW		g/kWh				
Stage III A							
H	130 ≤ P ≤ 560	2006.01	3.5	-	4.0	-	0.2
I	75 ≤ P < 130	2007.01	5.0	-	4.0	-	0.3
J	37 ≤ P < 75	2008.01	5.0	-	4.7	-	0.4
K	19 ≤ P < 37	2007.01	5.5	-	7.5	-	0.6
Stage III B							
L	130 ≤ P ≤ 560	2011.01	3.5	0.19	-	2.0	0.025
M	75 ≤ P < 130	2012.01	5.0	0.19	-	3.3	0.025
N	56 ≤ P < 75	2012.01	5.0	0.19	-	3.3	0.025
P	37 ≤ P < 56	2013.01	5.0	-	4.7	-	0.025
† Dates for constant speed engines are: 2011.01 for categories H, I and K; 2012.01 for category J.							

Tablica 3. Granične vrijednosti emisija Stupnja IV za Diesellove motore necestovnih strojeva [5]

Cat.	Net Power	Date	CO	HC	NOx	PM
	kW		g/kWh			
Q	130 ≤ P ≤ 560	2014.01	3.5	0.19	0.4	0.025
R	56 ≤ P < 130	2014.10	5.0	0.19	0.4	0.025

Stupnjevima III i IV je ograničena i emisija amonijaka na maksimalno 25 ppm (engl. *Parts Per Million*, hrv. dijelova na milijun) tijekom ispitnog ciklusa.

Stupnjem IIIB je ograničena emisija PM (engl. *Particulate Matter*, hrv. čestice) na 0.025 g/kWh, što je primoralo proizvođače na ugradnju filtera čestica.

Stupnjem IV je vrlo strogo ograničena emisija NO_x na 0.4 g/kWh čime je pokrenuta raširena upotreba SCR (engl. *Selective Catalytic Reduction*, hrv. selektivna katalitička redukcija) uređaja.

2.4. Prijedlog od 2014. godine - Stupanj V

Europska Komisija je 25. rujna 2014. predložila ograničenja emisija Stupnja V. Objavljivanje prijedloga i indikativnog datuma primjene, odnosno stupnjeva na snagu, vrlo je važno za proizvođače strojeva i motora.

Prijedlog donosi mnoge važne promjene, uključujući sljedeće:

- Proširenje područja inačica motora na koje se primjenjuje Direktiva obuhvaćajući motore s kompresijskim paljenjem snage manje od 19 kW te veće od 560 kW, motore sa svjećicom snage iznad 19 kW te ostale prethodno neregulirane motore. Ovime bi bili obuhvaćeni sljedeći motori: motori snage veće od 560 kW korišteni u generatorskim sklopovima, motori sa svjećicom snage manje od 19 kW korišteni isključivo u ručnim strojevima, motori sa svjećicom snage manje od 56 kW koji nisu uključeni u prethodnu kategoriju, motori snage veće od 37 kW korišteni za pogon plovnih objekata u unutrašnjoj plovidbi, pomoćni motori snage veće od 560 kW korišteni za pogon plovnih objekata u unutrašnjoj plovidbi, motori za pogon željezničkih lokomotiva, motori sa svjećicom korišteni za pogon motornih sanki, motori sa svjećicom koji se koriste na svim podlogama te motori za necestovne prijenosne strojeve koji nisu već spomenuti u prethodnim navodima.
- Stroža ograničenja emisija za neke kategorije motora, kao npr. za motore snage između 19 kW i 37 kW te za motore koji pogone plovne objekte u unutrašnjosti.
- Usvajanje ograničenja emisije PN (engl. *Particle Number*, hrv. broj čestica) za nekoliko kategorija motora s kompresijskim paljenjem.

Predložena ograničenja emisije Stupnja V za motore u necestovnim pokretnim strojevima su prikazana u Tablici 4 pod kategorijom NRE. Ove odredbe su primjenjive za Dieslove motore (CI) snage od 0 do 56 kW te za sve ostale vrste motora snage veće od 56 kW.

Tablica 4. Predložene granične vrijednosti emisija Stupnja V za motore necestovnih strojeva
[5]

Category	Ign.	Net Power	Date	CO	HC	NOx	PM	PN
		kW		g/kWh				
NRE-v/c-1	CI	P < 8	2019	8.00	7.50 ^{a,c}		0.40 ^b	-
NRE-v/c-2	CI	8 ≤ P < 19	2019	6.60	7.50 ^{a,c}		0.40	-
NRE-v/c-3	CI	19 ≤ P < 37	2019	5.00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-4	CI	37 ≤ P < 56	2019	5.00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-5	All	56 ≤ P < 130	2020	5.00	0.19 ^c	0.40	0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-6	All	130 ≤ P ≤ 560	2019	3.50	0.19 ^c	0.40	0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-7	All	P > 560	2019	3.50	0.19 ^d	3.50	0.045	-

^a HC+NOx

^b 0.60 for hand-startable, air-cooled direct injection engines

^c A = 1.10 for [gas engines](#)

^d A = 6.00 for [gas engines](#)

Stupnjem V će se uvesti broj čestica (PN), što će osigurati početak korištenja visoko efikasnih tehnologija za kontrolu emisije čestica. Također će se pooštriti granične vrijednosti emisije PM za nekoliko kategorija motora te će iznositi od 0.025 g/kWh do 0.015 g/kWh.

Također će se pooštriti ograničenja emisije HC za Ottove motore.

2.5. Plovni objekti unutrašnje plovidbe

Stupnjem IIIA uvedena su ograničenja emisija za motore koji se koriste u plovnim objektima unutrašnjih voda. Granične vrijednosti su prikazane u Tablica 5. Motori su podijeljeni u kategorije u ovisnosti o volumenu po cilindru te o efektivnoj snazi. Za plovne objekte još uvijek nema Stupnja IIIB niti Stupnja IV.

Tablica 5. Granične vrijednosti emisija Stupnja IIIA za plovne objektne u unutrašnjim vodama [5]

Category	Displacement (D)	Date	CO	HC+NO _x	PM
	dm ³ per cylinder		g/kWh		
V1:1	D ≤ 0.9, P > 37 kW	2007	5.0	7.5	0.40
V1:2	0.9 < D ≤ 1.2		5.0	7.2	0.30
V1:3	1.2 < D ≤ 2.5		5.0	7.2	0.20
V1:4	2.5 < D ≤ 5	2009	5.0	7.2	0.20
V2:1	5 < D ≤ 15		5.0	7.8	0.27
V2:2	15 < D ≤ 20, P ≤ 3300 kW		5.0	8.7	0.50
V2:3	15 < D ≤ 20, P > 3300 kW		5.0	9.8	0.50
V2:4	20 < D ≤ 25		5.0	9.8	0.50
V2:5	25 < D ≤ 30		5.0	11.0	0.50

Granične vrijednosti emisija za plovne objekte u unutrašnjim vodama su značajno postrožene u predloženom Stupnju V, kako je i prikazano u Tablica 6. Stupanj V bi se odnosio na pogonske motore snage veće od 37 kW te na pomoćne motore snage veće od 560 kW, bez obzir na način paljenja smjese u motoru.

Tablica 6. Predložene granične vrijednosti emisija Stupnja V za plovne objekte u unutrašnjim vodama [5]

Category	Net Power	Date	CO	HC ^a	NOx	PM	PN
	kW		g/kWh				1/kWh
Propulsion Engines—Category IWP							
IWP-v/c-1	37 ≤ P < 75	2019	5.00	4.70 ^b		0.30 ^b	-
IWP-v/c-2	75 ≤ P < 130	2019	5.00	5.40 ^b		0.14	-
IWP-v/c-3	130 ≤ P < 300	2019	3.50	1.00	2.10	0.11	-
IWP-v/c-4	300 ≤ P < 1000	2020	3.50	0.19	1.20	0.02	1×10 ¹²
IWP-v/c-5	P ≥ 1000	2021	3.50	0.19	0.40	0.01	1×10 ¹²
Auxiliary Engines—Category IWA							
IWA-v/c-1	560 ≤ P < 1000	2020	3.50	0.19	1.20	0.02	1×10 ¹²
IWA-v/c-2	P ≥ 1000	2021	3.50	0.19	0.40	0.01	1×10 ¹²
^a A = 6.00 for gas engines							
^b HC + NOx							

^a A = 6.00 for [gas engines](#)

^b HC + NO_x

2.6. Motori za željezničku vuču

Granične vrijednosti Stupnja IIIA i Stupnja IIIB su usvojene za motore snage veće od 130 kW koji se koriste za pogon željezničkih lokomotiva (kategorije R, RL i RH) te za motorne vlakove (kategorija RC), a prikazane su u Tablica 7.

Tablica 7. Granične vrijednosti emisija Stupnja IIIA i IIIB motora za željezničku vuču [5]

Category	Net Power	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
	<i>kW</i>		<i>g/kWh</i>				
Stage III A							
RC A	P > 130	2006	3.5	-	4.0	-	0.2
RL A	130 ≤ P ≤ 560	2007	3.5	-	4.0	-	0.2
RH A	P > 560	2009	3.5	0.5*	-	6.0*	0.2
Stage III B							
RC B	P > 130	2012	3.5	0.19	-	2.0	0.025
R B	P > 130	2012	3.5	-	4.0	-	0.025
* HC = 0.4 g/kWh and NOx = 7.4 g/kWh for engines of P > 2000 kW and D > 5 liters/cylinder							

Predložene granične vrijednosti emisija Stupnja V bi se primjenjivale na motore koji se koriste za pogon željezničkih lokomotiva (RLL u tablici) i motornih vlakova (RLR u tablici) svih snaga i svih vrsta paljenja. Predložene granične vrijednosti su prikazane u Tablica 8.

Tablica 8. Predložene granične vrijednosti emisija Stupnja V za motore za željezničku vuču [5]

Category	Net Power	Date	CO	HC ^a	NOx	PM	PN
	kW		g/kWh				1/kWh
RLL-v/c-1 (Locomotives)	P > 0	2021	3.50	4.00 ^b		0.025	-
RLR-v/c-1 (Railcars)	P > 0	2021	3.50	0.19	2.00	0.015	1×10 ¹²

^a A = 6.00 for [gas engines](#)
^b HC + NOx

Granične vrijednosti dopuštenih emisija u ostalim državama

Mnoge države su usvojile pravilnike izvedene iz pravilnika koje koriste Europska Unija ili Sjedinjene Američke Države.

Kanada je 1999. godine usvojila granične vrijednosti emisija od SAD-a. Južna Koreja je svoje granične vrijednosti emisija 2. reda bazirala na SAD-ovim Tier 2 graničnim vrijednostima. Rusija je usvojila europske granične vrijednosti Stupnja I. Turska je također usvojila europske granične vrijednosti emisija, ali s različitim datumima stupanja na snagu. Kina je 2007. godine usvojila europske granične vrijednosti Stupnja I i II.

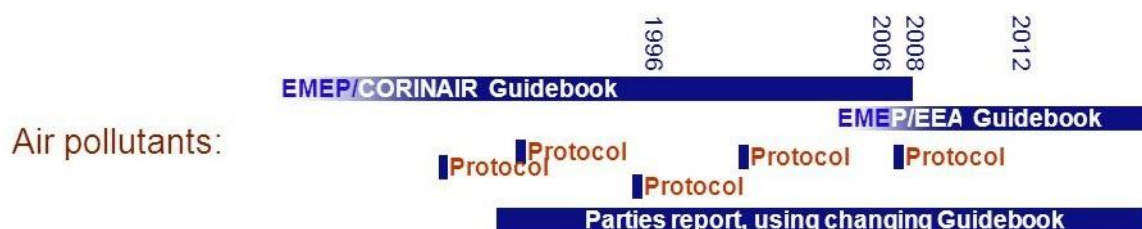
Indija je 2006. godine uvela svoje vlastite granične vrijednosti emisija koje se zasnivaju na europskim graničnim vrijednostima Stupnja I te na SAD-ovim graničnim vrijednostima emisija Tier 2 i Tier 3. Japan je također uveo vlastite granične vrijednosti emisija koje su slične SAD-ovim Tier 3 graničnim vrijednostima te europskim graničnim vrijednostima Stupnja IIIA. Brazil je 2011. godine usvojio odluku o uvođenju graničnih vrijednosti emisija jednakih SAD-ovim Tier 3 graničnim vrijednostima te europskim graničnim vrijednostima Stupnja IIIA.

Tablica 9. Usporedba europskih i SAD-ovih graničnih vrijednosti emisija [6]

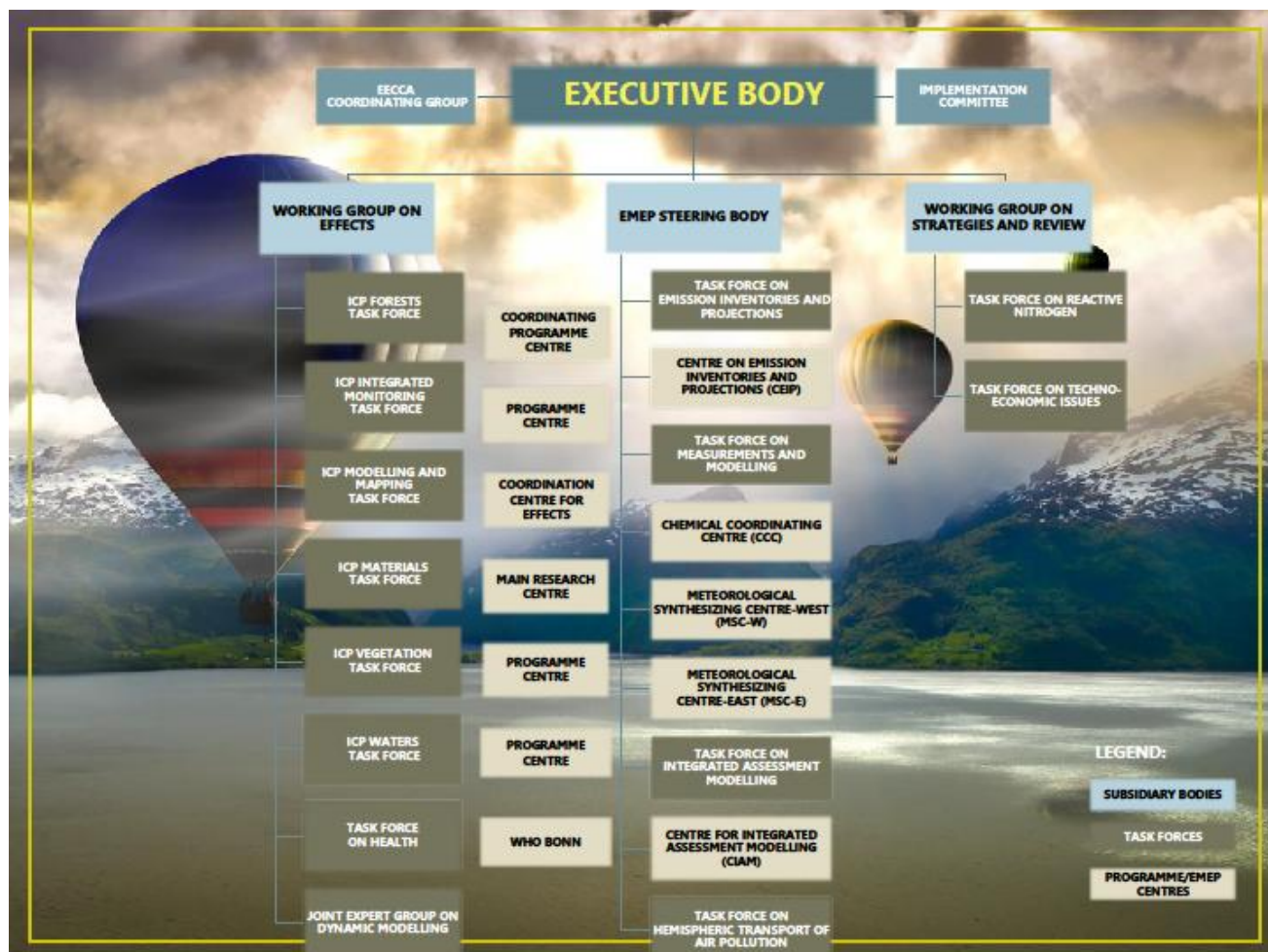
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	Power Rating	Emission Limits in g/kWh								
EU	19kW≤P<37kW	STAGE IIIA HC + NO _x = 7,5 PT = 0,6								
	37kW≤P<56kW	STAGE IIIA HC + NO _x = 4,7 PT = 0,4					STAGE IIIB HC + NO _x = 4,7 PT = 0,025			
	56kW≤P<75kW						STAGE IIIB NO _x = 3,3 PT = 0,025		Oct. 2014	STAGE IV NO _x = 0,4 PT = 0,025
	75kW≤P<130kW	STAGE IIIA HC + NO _x = 4,0 PT = 0,3								STAGE IV NO _x = 0,4 PT = 0,025
	130kW≤P<560kW	STAGE IIIA HC + NO _x = 4,0 PT = 0,2			STAGE IIIB NO _x = 2,0 PT = 0,025			STAGE IV NO _x = 0,4 PT = 0,025		
US	< 8kW		TIER IV NO _x = - NMHC+NO _x = 7,5 PT = 0,4							
	8kW≤P<19kW		TIER IV NO _x = - NMHC+NO _x = 7,5 PT = 0,4							
	19kW≤P<37kW		TIER IV Interim NMHC+NO _x = 7,5 PT = 0,3				TIER IV NMHC+NO _x = 4,7 PT = 0,03			
	37kW ≤P< 75kW	37kW≤P<56kW	TIER IV Interim NMHC+NO _x = 4,7 PT = 0,3							
	56kW≤P<75kW	TIER III NMHC+NO _x = 4,7 PT = 0,4				TIER IV Interim NMHC+NO _x = 4,7 PT = 0,02		Transition year	TIER IV NO _x = 0,4 PT = 0,02	
	75kW≤P<130kW		TIER III NMHC+NO _x = 4,0 PT = 0,3				TIER IV Interim NMHC+NO _x = 4,0 PT = 0,02			
	130kW≤P<560kW		TIER III NMHC+NO _x = 4,0 PT = 0,2			TIER IV Interim NMHC+NO _x = 4,0 PT = 0,02			TIER IV NO _x = 0,4 PT = 0,02	

3. EMEP/EEA VODIČ ZA IZRADU INVENTARA EMISIJA ONEČIŠĆENJA ZRAKA

The European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) je znanstveno temeljen program koji djeluje pod konvencijom LRTAP (engl. *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*) za međunarodnu suradnju u rješavanju prekograničnih problema onečišćenja zraka. Europski gospodarski prostor (engl. *European Economic Area – EEA*) je sporazum trenutno 30 europskih država članica nastao radi stvaranja jedinstvenog tržišta na kojemu bi se poštovala sloboda kretanja ljudi, roba, usluga i kapitala. EMEP/EEA Vodič za izradu inventara emisija onečišćenja zraka (ranije poznat pod nazivom EMEP CORINAIR Vodič za izradu inventara emisija) pruža vođenje procjena emisije iz antropogenih i prirodnih izvora emisije. Vodič je osmišljen kako bi se olakšalo izvještavanje o emisijama preko inventara emisija država članica konvencije LRTAP i država članica Europske Unije za izvještavanje sukladno direktivi o ograničenju nacionalnih granica emisija za određene onečišćujuće tvari. Rad na Vodiču pod nazivom *EMEP Corinair Guidebook* je započet 1992. godine te se od tada razvija i održava od strane *UNECE/EMEP Task Force on Emission Inventories and Projections* (TFEIP) koja djeluje pod LRTAP konvencijom. TFEIP je odgovoran za održavanje i poboljšavanje tehničkog sadržaja Vodiča, što uključuje primjenu najnovijih znanstvenih postignuća i saznanja u izradi metoda i emisijskih faktora u Vodiču. EMEP/EEA Vodič za izradu inventara emisija onečišćenja zraka izdaje Europska agencija za zaštitu okoliša.



Slika 3. Vremenska skala ažuriranja EMEP/EEA Vodiča [7]



Slika 4. Organizacijska struktura LRTAP konvencije [8]

3.1. Necestovni pokretni strojevi ne ubrajajući željeznička vozila i plovne objekte unutrašnje plovidbe

U Vodiču se pod necestovnim pokretnim strojevima podrazumijevaju razne vrste industrijskih strojeva širokog spektra primjene koji su većinom namijenjeni za rad na kopnu. Željeznička vozila i vozila unutrašnje plovidbe su izdvojena u posebna poglavlja. Usprkos raznolikosti strojeva koji se ubrajaju pod necestovne pokretne strojeve, svi oni dijele zajedničke osobine

kao što je upotreba motora s unutrašnjim izgaranjem koji za pogon troše dizelsko gorivo, benzin ili ukapljeni naftni plin. Izgaranjem goriva u motorima dolazi do emisije onečišćujućih tvari u okoliš. Najvažnije onečišćujuće tvari uključuju: sumporov(IV) oksid SO_2 , NO_x , CO_2 , PM, CO i nemetanske isparljive organske spojeve (engl. *Non-Methane Volatile Organic Compound* - NMVOC). Zastupljenost pojedinih onečišćujućih tvari u emisijama je relativna te ovisi o vrsti motora i o vrsti stroja koji uzrokuje emisiju.

Metodologija korištena za procjenu emisija CO_2 i SO_2 se zasniva pretežno na potrošenom gorivu.

Bitno je napomenuti da emisijski faktori čestica u Vodiču predstavljaju primarnu emisiju nastalu od rada motora, a ne sekundarnu formaciju aerosola¹ nastalu kemijskim reakcijama u atmosferi nakon emisije. Dakle, emisijski faktori u Vodiču se odnose samo na emisiju čestica koja je posljedica izgaranja goriva u motoru, a ne na čestice koje nastaju kemijskim reakcijama kasnije u atmosferi, a koje su također bitan čimbenik za ukupnu emisiju čestica. Veliki broj čimbenika utječe na mjerenje i određivanje primarne emisije čestica, a količina čestica u mjerenju emisije uvelike ovisi i o uvjetima mjerenja. Na primjer, ako se emisija čestica mjeri pri visokoj temperaturi, neki spojevi čestica mogu tokom mjerenja biti u fazi između čvrstog i plinovitog stanja te se ne bi ubrajali u mjerenja, a kasnije bi pri nižim temperaturama kondenzirali u atmosferi. Zbog toga se za određivanje emisije čestica iz NCPS koristi razrijeđena mješavina ispušnih plinova i okolnog zraka iz koje se na filteru pri nižoj temperaturi (52 °C) skupljaju filtrirani i kondenzirani spojevi.

Jedan od važnijih izazova kod procjene emisije iz NCPS je način prikupljanja podataka o aktivnosti NCPS. Izračuni se mogu provesti na temelju potrošnje goriva ili na temelju radnih sati stroja. Kod pristupa izračunima na temelju potrošnje goriva problem je u tome što je teško razlučiti je li gorivo potrošeno od strane NCPS ili od strane cestovnog prometa. Dobro bi bilo na neki način osigurati da gorivo namijenjeno za cestovni promet ne uključuje i gorivo koje koriste NCPS, kako bi se na taj način izbjeglo dvostruko računanje emisija. Ovo je bitno s obzirom na to procjenjuje li se emisija iz NCPS temeljem potrošenog goriva ili temeljem radnih sati stroja.

¹ Aerosoli su koloidno raspršene čvrste ili tekuće čestice u plinu, kao magla ili dim.

3.1.1. Kategorizacija NCPS

Emisije onečišćujućih tvari iz NCPS proizlaze iz izgaranja dizelskog goriva, benzina ili ukapljenog naftnog plina.

Pod zajedničkim nazivom NCPS se nalazi vrlo opširna lista opreme i strojeva. U nekim inventarskim sustavima je razvijena detaljna lista NCPS. U Vodiču su NCPS razvrstani prema SNAP (engl. *Selected Nomenclature for Air Pollution*) nomenklaturi. [9]

U nekim slučajevima postoji rizik od pogrešne raspodjele, preklapanja ili dvostrukog brojanja, jer nije uvijek jasno jesu li npr. specijalizirana vozila kao što su vatrogasni kamioni, smetlarski kamioni, autocisterne i sl. uključeni u inventare emisija cestovnih vozila. Zatim, neka vozila mogu imati dodatni motor s unutrašnjim izgaranjem za pogon specijalizirane opreme ili strojeva. Strojevi bi se trebali, kada je to moguće, nalaziti u odgovarajućim NCPS kategorijama u inventarima, a ne u kategoriji cestovnih vozila. Ukoliko nije moguće razlučiti je li gorivo potrošeno od strane glavnog vozila ili dodatnog stroja na vozilu, tada je moguće taj dodatni pokretni stroj uvrstiti pod istu kategoriju kao i glavno vozilo.

U nekim drugim slučajevima, strojevi su u principu pokretni, međutim, u stvarnosti ostaju na istom mjestu dulje vremena ili su pokretni samo u malom radijusu. Primjeri takvih strojeva su pojedini rovokopači i dizalice. Prijedlog je da se takve strojeve uvrsti u kategoriju ostalih NCPS. Slično spomenutom, postoje i veliki pokretni generatorski sustavi, snage preko 1 MW, koji su također pokretni, ali se u stvarnosti rijetko miču s mjesta. Potreban je oprez prilikom kategoriziranja opreme kao što su pokretni generatori da se ne bi kategorizirali kao stacionarna oprema. Slični se primjeri mogu naći i u zračnim lukama pa je potreban oprez prilikom kategoriziranja kako bi se izbjeglo dvostruko računanje istih strojeva.

Kada se detaljnije analizira i kategorizira, dostupne informacije mogu biti vrlo specifične, ovisno o državi u kojoj se radi kategorizacija. Dobro je prilikom kategorizacije jasno razlučiti emisije iz NCPS od onih iz ostalih izvora emisija kao što su to cestovna vozila ili stacionarni strojevi, kada god je to moguće. Potrebna je detaljna dokumentacija kako bi se objasnila namjena različitih vrsta vozila i strojeva prilikom njihove kategorizacije u inventarima emisija.

Motori koji se koriste u NCPS uključuju Dieslove motore, dvotaktne i četverotaktne Ottove motore ili motore koji za rad koriste ukapljeni naftni plin – UNP:

- Diesellovi motori obuhvaćaju velike Diesellove motore snage veće od 200 kW, koji se koriste npr. u dizalicama, buldožerima, itd., sve do malih Diesellovih motora, snage oko 5 kW, koji se koriste npr. u traktorima za košenje, puhalima, itd.
- Ottovi motori su zapravo svi manje snage, uglavnom manje od 10 kW te se uglavnom koriste za pogon strojeva u domaćinstvu i vrtu, a manji broj i u industriji. Dvotaktni motori su uglavnom manji od četverotaktnih motora.
- UNP se koristi u dvotaktnim i četverotaktnim Ottovim motorima kao zamjensko gorivo, tj. nema značajnih razlika u tehnologiji ili konstrukciji. Najčešći razlog za korištenje UNP umjesto benzina je niža cijena.

Kako bi odredili vrste vozila i strojeva koji se odnose na NCPS, u nastavku teksta će biti opisane vrste vozila i strojeva grupirane po skupinama prema SNAP nomenklaturi. Također će biti ukratko opisane i vrste motora koji služe za njihov pogon.

Industrija (engl. *Industry*)

- Strojevi za asfaltiranje/betoniranje (engl. *Asphalt pavers/Concrete pavers*)

Ovi strojevi s pogonom pomoću kotača ili gusjenica se koriste kod izvođenja završnih radova na kolnicima, a kao materijal za popločavanje koriste asfalt ili beton. Pokreću ih Diesellovi motori od tri do šest cilindara snage između 15 i 160 kW. Veći motori imaju turbopunjače.



- Strojevi za nabijanje podloge (engl. *Plate compactor/Tampers/Rammers*)

Manji strojevi su pogonjeni dvotaktnim Ottovim motorima snage od 1 do 3 kW. Strojevi srednje veličine i veliki strojevi su pogonjeni ili četverotaktnim Ottovim motorima ili Diesellovim motorima snage od 2 do 21 kW.



- Valjci (engl. *Rollers*)

Ovi strojevi služe za nabijanje zemlje, a svi su pogonjeni Diesellovim motorima snage od 2 do 390 kW.



- Strojevi za kopanje kanala/Mali rovokopači (engl. *Trenchers/Mini excavators*)

Ovi strojevi s pogonom pomoću kotača ili gusjenica se mogu smatrati specijalnom vrstom malih rovokopača koji se koriste za kopanje kanala. Pogone ih Dieselovi motori snage od 10 do 40 kW.



- Rovokopači (engl. *Excavators*)

Rovokopači se uglavnom koriste za kopanje i utovarivanje zemlje. Mogu se podijeliti u tri klase. Manji rovokopači spadaju pod ranije navedenu kategoriju strojeva. Rovokopači srednje veličine koji općenito služe za izvođenje radova sa zemljom su pogonjeni motorima snage od 50 do 500 kW. Motori imaju od 4 do 12 cilindara. Većina ih je opremljena turbopunjačima. Veliki rovokopači, koji služe za teške radove sa zemljom i za izvlačenje sirovog materijala koriste motore snage od 500 kW pa nadalje. Snaga motora se može kretati i do nekoliko tisuća kW, a mogu imati od 8 do 16 cilindara te su svi opremljeni turbopunjačima.



- Mješalice za cement i malter (engl. *Cement and mortar mixers*)

Manje mješalice za cement se pogone elektromotorima ili četverotaktnim Ottovim motorima snage od 1 do 7,5 kW. Veće mješalice su pogonjene Dieselovim motorima snage od 5 do 40 kW.



- Dizalice (engl. *Cranes*)

Dizalice se pogone ili elektromotorima ili Dieselovim motorima snage od 100 do 250 kW. Posebno konstruirani modeli mogu imati i znatno veću izlaznu snagu. Dizalice pogonjene elektromotorima se ne uzimaju u razmatranje.



➤ Strojevi za poravnavanje/Strugači (engl. *Graders/Scrapers*)

Strojevi za poravnavanje koriste motore snage od 50 do 190 kW. Strugači se uglavnom koriste kod radova sa zemljom. Za njihov pogon se koriste Diesellovi motori snage od 130 do 700 kW.



➤ Necestovni kamioni (engl. *Off-highway trucks*)

Pod ovu kategoriju spadaju veliki kamioni koji se koriste za prijevoz teške robe na gradilištima i kamenolomima (ali izvan javnih cesta), npr. za prijevoz pijeska, kamenja, itd. Za pogon koriste Diesellove motore snage od 300 do 500 kW te su skoro svi opremljeni turbopunjačima.



➤ Buldožeri (engl. *Bulldozers*)

Uglavnom se koriste za poslove u vezi rušenja ili premještanja zemlje te su svi opremljeni Diesellovim motorima snage od 30 do 250 kW. Veliki motori su opremljeni turbopunjačima te mogu imati i značajno veću snagu.



➤ Traktori/Utovarivači/Bageri (engl.

Tractors/Loaders/Backhoes)

Traktori se općenito koriste kod poslova u vezi transporta. Svi su opremljeni Diesellovim motorima snage od 25 do 150 kW. Utovarivači se koriste kod poslova sa zemljom te mogu biti opremljeni raznim alatima. Svi su opremljeni Diesellovim motorima. Mogu se podijeliti u tri klase: mali utovarivači su pogonjeni trocilindričnim ili četverocilindričnim Diesellovim motorima snage od 15 do 40 kW, utovarivači srednje veličine imaju motore snage od 40 do 120 kW, dok veliki utovarivači imaju motore snage do 250 kW i uglavnom su opremljeni turbopunjačima. Bageri su kombinacija utovarivača na kotačima i



hidrauličkih rovokopača. Pogonjeni su Dieselovim motorima snage od 10 do 130 kW.

➤ Mini utovarivači (engl. *Skid steer loaders*)

Pod mini utovarivače spadaju mali utovarivači na kotačima. Pogonjeni su Dieselovim motorima snage od 15 do 60 kW.



➤ Kiperi (engl. *Dumpers/Tenders*)

Mali kiperi se koriste za prijevoz robe na gradilištima. Većina ih je pogonjena Dieselovim motorima snage od 5 do 50 kW. Neki manji kiperi imaju četverotaktne Ottove motore snage od 5 do 10 kW.



➤ Teleskopske dizalice (engl. *Aerial lifts*)

Manje teleskopske dizalice ($P < 2 \text{ kW}$) se pogone uglavnom električnom energijom, a samo manji broj Ottovim motorima snage od 3 do 10 kW. Velike teleskopske dizalice i radne platforme se postavljaju na kamionski okvir te se pogone posebnim motorima snage od 5 do 25 kW ili pomoću motora vozila preko pneumatskog sustava. Kako se ovakve dizalice često postavljaju na cestovna vozila, potreban je oprez da ne bi došlo do dvostrukog računanja.



➤ Viličari (engl. *Fork lifts*)

Viličari su pogonjeni ili elektromotorima ili motorima s unutrašnjim izgaranjem. Elektromotori služe za pogon viličara kod rada u zatvorenom prostoru. Motori s unutrašnjim izgaranjem za pogon viličara mogu biti i Dieselovi i Ottovi sa snagom između 20 i 100 kW.



➤ Generatorski sustavi (engl. *Generator sets*)

Postoje tri vrste generatorskih sustava. Mali generatorski sustavi su oni koje mogu ponijeti jedna ili dvije osobe, a pogonjeni su dvotaktnim ili četverotaktnim motorima snage od 0,5 do 5 kW. Generatorski sustavi srednje veličine su oni koji se mogu postaviti na osovину male prikolice. Pogonjeni



su trocilindričnim ili četverocilindričnim Dieslovim motorima snage od 5 do 100 kW. Veći motori su opremljeni turbopunjačima. Veliki generatorski sustavi su zapravo manje pokretne elektrane snage od 100 do 1000 kW i skoro svi su opremljeni turbopunjačima. Generatorski sustavi preko 1000 kW se ne kategoriziraju kao pokretni strojevi.

➤ Pumpe (engl. *Pumps*)

Pokretne pumpe mogu imati snagu od 0,5 do 70 kW. Većinom ih pokreću elektromotori. Motori s unutrašnjim izgaranjem za pogon pumpi mogu biti Dieslovi i Ottovi, međutim kod snage iznad 10 kW češće se koriste Dieslovi motori.



➤ Zračni/Plinski kompresori (engl. *Air/Gas compressors*)

Većinu manjih kompresora namijenjenih za ručni rad pogone elektromotori. Veliki kompresori namijenjeni za rad na gradilištima su pogonjeni Dieslovim motorima snage između 10 i 120 kW.



➤ Strojevi za zavarivanje (engl. *Welders*)

Manji pokretni strojevi za zavarivanje ($P < 10$ kW) su većinom pogonjeni četverotaktnim Ottovim motorima, a veći Dieslovim motorima snage do oko 40 kW.



➤ Rashladni strojevi (engl. *Refrigerating units*)

Za pogon strojeva za hlađenje se koriste Dieslovi motori koji se ugrađuju na kamionske prikolice ili vagone vlakova. Snaga ovih motora se kreće od 10 do 20 kW.



➤ Ostala industrijska oprema (engl. *Other general industrial equipment*)

Pod ovu kategoriju spadaju: strojevi za čišćenje, strojevi za pranje pod tlakom, strojevi za rezanje, puhala, vakuumski strojevi, strojevi za uređivanje klizališta, strojevi za uređivanje staza, itd., koji ne pripadaju kategoriji cestovnih



vozila. Za pogon ovih strojeva se koriste i Dieselovi i Ottovi motori različitih veličina.

- Ostali strojevi za rukovanje materijalom (engl. *Other material handling equipment*)

Primjeri ovih strojeva su: konvejeri, ralice, industrijski traktori, itd. Ovi strojevi za pogon najčešće koriste Dieselove motore.

- Ostala oprema na gradilištima (engl. *Other construction equipment*)

Primjeri pokretnih strojeva u ovoj kategoriji su: strojevi za površinsku obradu, strojevi za bušenje, strojevi za usitnjavanje materijala, strojevi za rezanje betona (pile), strojevi za polaganje cijevi, itd. Ovi strojevi su pogonjeni najčešće Dieselovim ili dvotaktnim Ottovim motorima.



Poljoprivredni i šumski strojevi (engl. *Agriculture and forestry*)

- Traktori na dva kotača (engl. *Two-wheel tractors*)

Traktori se koriste u poljoprivredi i šumarstvu kao univerzalni radni strojevi. Manji traktori s jednom osovinom i dva kotača imaju snagu od samo nekoliko kW (oko 5 do 15 kW) i pogonjeni su dvotaktnim ili četverotaktnim Ottovim motorima ili Dieselovim motorima.



- Poljoprivredni traktori (engl. *Agricultural tractors*)

Traktori s dvije osovine i četiri kotača. Većinom za pogon koriste Dieselove motore širokog raspona snage, između 20 i 250 kW. Traktori koji služe pretežno za poljoprivredne svrhe imaju motore većinom između 100 i 130 kW, a isti traktori se koriste i u šumarstvu, ali sa slabijim motorima, od 60 do 120 kW. Tijekom zadnjih 30 godina je vidljiv trend povećanja snage i ugrađivanja pogona na sve kotače. Na veće četverocilindrične i šesterocilindrične motore se



ugrađuju turbopunjači. Međutim, za određene poljoprivredne radove još uvijek su u širokoj upotrebi manji traktori, snage između 30 i 50 kW.

➤ **Kombajni (engl. Harvesters/Combines)**

Ovi strojevi se uglavnom koriste za vršidbu žita. Svi su pogonjeni Dieselovim motorima snage između 50 i 150 kW.



➤ **Ostali poljoprivredni strojevi (engl. Others)**

Poljoprivredni strojevi koji spadaju u ovu skupinu su: zaprašivači, strojevi za raspršivanje gnojiva, kosilice, strojevi za baliranje i strojevi za oranje. Većinom su pogonjeni Dieselovim motorima, ali mogu biti pogonjeni i dvotaktnim ili četverotaktnim Ottovim motorima. Snaga motora se kreće od 5 do 50 kW.



➤ **Profesionalne motorne pile (engl. Professional chain saws/Clearing saws)**

Sve motorne pile su pogonjene dvotaktnim Ottovim motorima snage od 2 do 6 kW.



➤ **Šumski traktori (engl. Forest tractors/Harvesters/Skidders)**

Ovi strojevi se uglavnom koriste za poslove vezane uz transport i iskorištavanje šuma. Svi su pogonjeni Dieselovim motorima snage od 25 do 75 kW.



➤ **Ostali šumski strojevi (engl. Others)**

U ovu kategoriju spadaju strojevi kao što su: strojevi za obradu drva, tegljači, šumski kultivatori, strojevi za drobljenje drva i strojevi za obradu cjepanica. Većinom su opremljeni Dieselovim motorima, a neki i dvotaktnim Ottovim motorima.



Kopnena vojska (engl. Military, land based)

Nisu dostupne detaljne informacije o strojevima kojima se koristi vojska. Pretpostavlja se da su svi strojevi pogonjeni Dieselovim motorima.

Domaćinstvo i vrtlarstvo (engl. *Household and gardening*)

- Trimeri (engl. Trimmers/Strimmers/Edgers/Brush cutters)

Ovi strojevi su uglavnom pogonjeni dvotaktnim Ottovim motorima snage od 0,25 do 1,4 kW.

- Kosilice (engl. *Lawn mowers*)

Kosilice su pogonjene dvotaktnim ili četverotaktnim Ottovim motorima, snage između 0,5 i 5 kW. Vozne kosilice su uglavnom pogonjene jednocilindričnim ili dvocilindričnim Dieselovim motorima i četverotaktnim Ottovim motorima. Kosilice za profesionalnu upotrebu su uglavnom pogonjene Dieselovim ili četverotaktnim Ottovim motorima. Vozne kosilice imaju motore snage između 5 i 15 kW.

- Motorne pile za hobi (engl. *Hobby chain saws*)

Uglavnom su pogonjene dvotaktnim Ottovim motorima. Male motorne pile, imaju snagu od 1 do 2 kW.

- Motorne saonice (engl. *Snow mobiles/Skidoos*)

Vozila za snijeg su većinom pogonjena dvotaktnim ili četverotaktnim Ottovim motorima snage od 10 do 50 kW. Zadnja dva desetljeća je u trendu povećanje snage motora.

- Ostali strojevi koji se koriste u vrtu i domaćinstvu (engl. *Other household and gardening equipment*)

U ovu kategoriju spadaju: traktori za travnjak i vrt, cjepači drva, puhala za snijeg, strojevi za oranje i ostali slični strojevi.

- Ostala vozila koja se koriste u vrtu i domaćinstvu (engl. *Other household and gardening vehicles*)

U ovu kategoriju spadaju necestovna terenska vozila kao npr.: quad-ovi, terenski motocikli, vozila za golf, itd.



3.1.2. Emisije iz NCPS

Emisije onečišćujućih tvari nastaju zbog izgaranja goriva u Dieslovim i Ottovim motorima. NO_x, PM, CO, NMVOC, SO₂ i CO₂ su najvažnije vrste emitiranih onečišćujućih tvari. Emisija SO₂ i CO₂ se procjenjuje izravno iz potrošnje goriva. Karakteristike emisije Dieslovih i Ottovih motora se razlikuju. U usporedbi s Ottovim motorima, Dieselovi motori emitiraju veću količinu PM i NO_x, a manje CO i NMVOC. Postoje također i razlike u emisijama između dvotaktnih i četverotaktnih Ottovih motora te razlike u emisijama ovisno o starosti stroja.

Sve kategorije izvora emisija koje se uzimaju u obzir u Vodiču, te su nabrojane u prethodnom potpoglavlju, mogu imati značajan udio u ukupnim emisijama NO_x, PM₁₀ ili NMVOC. Udjeli emisija pojedinih kategorija u ukupnoj emisiji se kreću od 0,1 do 11 %. Većinom su ispod 5 %, što je i prikazano u Tablica 10.

Tablica 10. Podatci o udjelu u ukupnoj emisiji čestica, NO_x i NMVOC za različite kategorije NCPS iz EMEP baze podataka iz 2015. godine [9]

NFR14 Sector	Data	NO _x	PM ₁₀	NMVOC
1A2gvii Mobile Combustion in manufacturing industries and construction	No. of countries reporting	17	16	17
	Lowest value	0%	0.0%	0.0%
	Typical Contribution	3%	0.4%	0.5%
	Highest value	7%	2.7%	0.9%
1A4aii Commercial/institutional: Mobile	No. of countries reporting	6	6	6
	Lowest value	0%	0.0%	0.1%
	Typical Contribution	1%	0.0%	0.8%
	Highest value	2%	0.1%	2.9%
1A4bii Residential: Household and gardening (mobile)	No. of countries reporting	10	10	10
	Lowest value	0%	0.0%	0.1%
	Typical Contribution	0%	0.0%	2.0%
	Highest value	1%	0.2%	7.4%
1A4cii Agriculture/Forestry/Fishing: Off-road vehicles and other machinery	No. of countries reporting	19	19	19
	Lowest value	0%	0.0%	0.2%
	Typical Contribution	5%	0.5%	1.3%
	Highest value	11%	3.4%	3.6%
1A5b Other, Mobile (including military, land based and recreational boats)	No. of countries reporting	12	11	12
	Lowest value	0%	0.0%	0.0%
	Typical Contribution	1%	0.1%	0.5%
	Highest value	1%	0.3%	5.0%

„No. of countries reporting“ u Tablica 10 se odnosi na broj zemalja koje su podnijele izvještaj za ukupnu emisiju, ali i za emisije iz pojedinih kategorija strojeva. Iz Tablica 10 je vidljivo da navedene kategorije strojeva značajno doprinose u ukupnom udjelu NO_x, PM₁₀ i NMVOC u većini država koje su podnijele izvještaj.

U Tablica 11 su prikazani udjeli glavnih podkategorija u ukupnoj emisiji za zapadnoeuropske države prema metodologiji koju primjenjuje US-EPA (engl. *United States Environmental Protection Agency*, hrv. Agencija za zaštitu okoliša SAD-a).

Tablica 11. Udio emisije glavnih podkategorija NCPS u ukupnoj emisiji (u postotcima), prema procjeni US-EPA [9]

Pollutant	VOC	NO _x	CO	PM
Total over all areas ¹⁾	10.9	15.9	7.3	1.4
Total by areas	4–19	8–29	3–14	0.3–5.2
by category				
Agriculture	0.1–1.2	0.5–11	0.02–0.6	0.02–0.8
Airport service	0–0.25	0–3.5	0–0.8	0–0.2
Recreational marine	0–6.5	0–1.5	0–0.8	0–0.3
Construction	0.5–1.8	3–23	0.2–1.8	0.1–2.1
Industry	0.1–0.8	0.3–3.0	0.3–2.9	0.02–0.4
Lawn and garden	1.9–10.5	0.1–0.5	0.02–4.5	0.02–0.2
Light commercial	0.3–2.3	0.1–0.5	1.0–7.5	0.01–0.15
Forestry	0.02–0.16	0–0.1	0.02–0.35	0–0.3
Recreation	0.2–2.1	0–0.1	0.2–3.9	0–0.1

Note

¹⁾ Average of two different industries.

Iz Tablica 11 se može vidjeti koje kategorije NCPS imaju najveće udjele u emisijama pojedinih onečišćujućih tvari:

- strojevi za travnjake i vrtove imaju najveći udio u emisiji VOC-a
- građevinski strojevi najviše pridonose emisiji NO_x
- lagana prijevozna sredstva su najznačajniji izvor CO-a
- strojevi na gradilištima najviše pridonose emisiji PM.

Također je vidljivo da strojevi iz kategorije Šumarstvo i Rekreacija nemaju veliki udio u emisiji navedenih komponenti, međutim imaju značajan doprinos kod emisije teških metala do čega dolazi uslijed značajne potrošnje benzina. Bitno je napomenuti da se ove procjene emisija ne moraju poklapati s procjenama emisija ostalih europskih država.

Usporedbom emisije PM_{10} s fiziološki štetnijom emisijom $PM_{2,5}$ dolazi se do zaključka da je veći značaj emisije $PM_{2,5}$ iz NCPS jer motori s unutarnjim izgaranjem proizvode značajno manje čestice od npr. nekih industrijskih procesa.

Plinovite emisije se mogu smanjiti na dva načina: boljim procesom izgaranja u kombinaciji s naknadnom obradom ispušnih plinova te usvajanjem zahtjeva za odgovarajuću kvalitetu goriva. Obje navedene mjere se koriste kod NCPS.

Za smanjenje emisija na raspolaganju su brojna tehnička rješenja, uključujući povrat ispušnih plinova (engl. *Exhaust Gas Recirculation* – EGR) i SCR za smanjenje emisije NO_x te filter čestica (engl. *Diesel Particulate Filter* – DPF) za smanjenje emisije čestica. Međutim, ove su tehnologije bolje razvijene kod Diesellovih motora koji se koriste u cestovnom prometu te se vrlo rijetko koriste u NCPS.

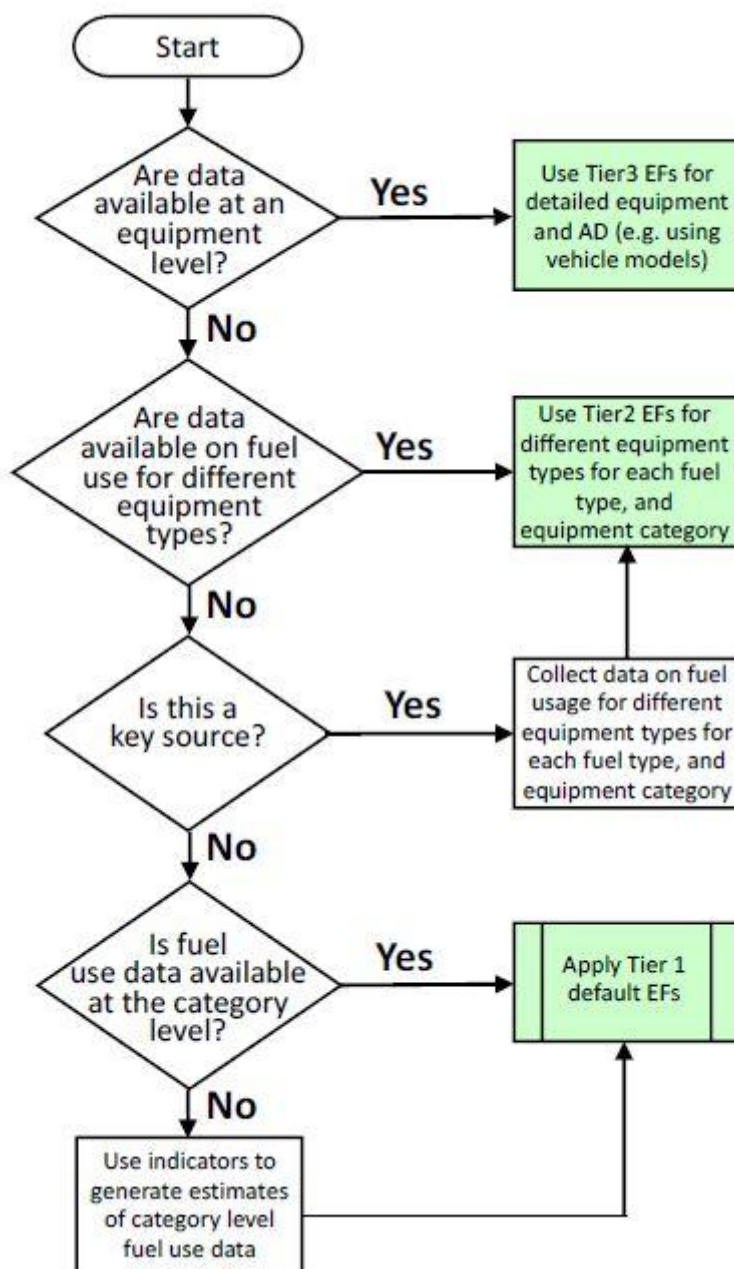
Plan je da se u budućnosti strojevi opreme prijenosnim sustavima za mjerenje emisija (engl. *Portable Emissions Measurement Systems* – PEMS) koji bi mjerili emisije iz motora s unutrašnjim izgaranjem dok su u upotrebi u stvarnim uvjetima čime bi se dobili potpuniji i precizniji rezultati o emisijama.

3.1.3. Metode procjene emisija iz NCPS

Osnovni koncept metode procjena emisija je sljedeći:

- ukoliko su dostupni detaljni podatci, tada ih je potrebno iskoristiti u što većoj mjeri,
- ukoliko je neka kategorija izvora emisija ključan izvor emisija, tada se preporučava koristiti Tier 2 i Tier 3 metode za procjenu emisija.

Na Sliku 5 je prikazan dijagram toka na kojemu je prikazan način odabira odgovarajuće metode za procjenu emisija iz NCPS.



Slika 5. Dijagram toka za izbor odgovarajuće metode za procjenu emisija iz NCPS [9]

U dijagramu na Slika 5 kratica EF se odnosi na emisijske faktore (engl. *Emission Factors*), a kratica AD na podatke o izvorima emisija (engl. *Activity Data*).

Odabir metode za procjenu emisije se razlikuje ovisno o vrsti izvora emisije za koji se radi procjena. U Vodiču su obuhvaćeni detalji i emisijski faktori za Tier 1 i Tier 2 metode. Tier 3 metoda se smatra detaljnom i vrlo specifičnom s obzirom na državu u kojoj se radi procjena

emisija. Međutim, NCPS u različitim državama imaju slične emisijke značajke. Stoga su u Vodiču dani podatci za Tier 1, Tier 2, ali i za Tier 3 metodu.

Može biti zahtjevno dobiti čak i najosnovnije podatke o aktivnosti, kao npr. podatke o potrošnji goriva za određene kategorije pokretnih strojeva, jer se takvi podatci obično ne izdvajaju zasebno iz podataka o ukupnoj količini potrošenog goriva u pojedinoj kategoriji. Stoga je u Vodiču dana jednostavna metoda koja omogućuje procjenu potrošenog goriva od strane određenih NCPS iz ukupne količine potrošenog goriva u određenoj kategoriji. Ovakav način prikupljanja podataka je omogućen upotrebom općih pokazatelja. Na ovaj način procijenjena potrošnja goriva određene vrste NCPS se kasnije može kombinirati s Tier 1 emisijskim faktorima za procjenu emisija. Ovakav pristup prikupljanja podataka o aktivnosti se naziva „Tier 0“ metoda.

Procjene emisija se temelje na dostupnim stvarnim podacima i na velikom broju pretpostavki. Zbog toga je bitno izabrati odgovarajuću metodu za procjenu emisije koja bi se temeljila na što većem broju stvarnih podataka koje je moguće prikupiti te na taj način smanjiti broj i utjecaj pretpostavki. Često se izbor metode za procjenu emisije razlikuje od kategorije do kategorije NCPS.

Zbog velikog broja i raznolikosti strojeva, načina rada i mjesta upotrebe dolazi do poteškoća u prikupljanju podataka o aktivnosti NCPS. Nadalje, podatci o potrošnji goriva necestovnih strojeva se u većini slučajeva ne prikupljaju i ne objavljuju. Zbog toga je omogućena osnovna procjena o potrošnji goriva NCPS. Međutim, ukoliko su podatci dostupni, preporučava se korištenje metode što većeg reda za procjenu emisija, jer su emisije iz NCPS u većoj mjeri ovisne o tehnologiji i uvjetima korištenja nego npr. emisije iz cestovnih vozila.

U nastavku teksta će biti nabrojane i opisane metode za procjenu emisija iz NCPS.

Metoda Tier 1 – općeniti pristup

Emisije se procjenjuju upotrebom jednog prosječnog emisijskog faktora (EF) za široki spektar vrsta goriva i vrsta motora (dvotaktnih ili četverotaktnih) raznih NFR (engl. *Nomenclature For Reporting*, hrv. Nomenklatura za izvještavanje) kategorija strojeva.

Procjena emisija koristeći Tier 1 pristup se temelji na ukupno potrošenom gorivu u svakoj pojedinoj kategoriji izvora emisija. Za svaku kategoriju izvora emisija se koristi sljedeći algoritam:

$$E_{pollutant} = \sum_{fuel\ type} FC_{fuel\ type} \cdot EF_{pollutant\ fuel\ type}, \quad (1)$$

pri čemu je:

$E_{pollutant}$ - emisija određenog onečišćivača, izražena u jedinici mase,

$FC_{fuel\ type}$ - potrošnja goriva za svaku vrstu goriva posebno (dizelsko, UNP, benzin kod dvotaktnih motora i benzin kod četverotaktnih motora) za određenu kategoriju izvora emisije,

$EF_{pollutant}$ - emisijski faktor za određeni onečišćivač posebno za svaku vrstu goriva.

Ova jednadžba je primjenjiva na državnom nivou upotrebom godišnjih izvještaja o potrošnji goriva različitih necestovnih izvora nabrojanih ranije u tekstu.

U Vodiču su dani emisijski faktori za sve vrste goriva za svaku kategoriju necestovnih izvora.

Emisijski faktori u Vodiču za Tier 1 metodu se temelje na podacima iz Danskog inventara emisija te na ranijim izdanjima Vodiča. Emisijski faktori za neke vrste onečišćivača (teške metale, SO₂ i CO₂) su neovisni o tehnologiji strojeva, tj. određuju se jednostavno iz potrošnje goriva. Stoga su ključne vrste onečišćivača PM₁₀, NO_x, NMVOC i CO, jer ovise o vrsti tehnologije koju koriste strojevi.

Na Sliku 6 je prikazan primjer jedne stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s emisijskim faktorima za metodu Tier 1. U tablici su u stupcima redom, s lijeva na desno: vrsta goriva, kategorije prema NFR, popis onečišćivača, jedinice i na kraju emisijski faktor.

Mobile Combustion in manufacturing industries and construction

Table 3-1 Tier 1 emission factors for off-road machinery

Tier 1 emission factors				
Fuel	NFR sector	Pollutant	Units	Emission factor
Diesel	1.A.4.c.ii-Agriculture	CH ₄	g/tonnes fuel	88
		CO	g/tonnes fuel	11601
		CO ₂	kg/tonnes fuel	3160
		N ₂ O	g/tonnes fuel	136
		NH ₃	g/tonnes fuel	8
		NM VOC	g/tonnes fuel	3568
		NO _x	g/tonnes fuel	34930
		PM ₁₀	g/tonnes fuel	1940
		PM _{2.5}	g/tonnes fuel	1940
		TSP	g/tonnes fuel	1940
	1.A.4.c.ii-Forestry	CH ₄	g/tonnes fuel	50
		CO	g/tonnes fuel	7834
		CO ₂	kg/tonnes fuel	3160
		N ₂ O	g/tonnes fuel	138
		NH ₃	g/tonnes fuel	8
		NM VOC	g/tonnes fuel	2029
		NO _x	g/tonnes fuel	29051
		PM ₁₀	g/tonnes fuel	976
		PM _{2.5}	g/tonnes fuel	976
		TSP	g/tonnes fuel	976
	1.A.2.g.vii and 1.A.4.a.ii	CH ₄	g/tonnes fuel	83
		CO	g/tonnes fuel	10817
		CO ₂	kg/tonnes fuel	3160
		N ₂ O	g/tonnes fuel	135
		NH ₃	g/tonnes fuel	8
		NM VOC	g/tonnes fuel	3385
		NO _x	g/tonnes fuel	32786
		PM ₁₀	g/tonnes fuel	2112
		PM _{2.5}	g/tonnes fuel	2112
		TSP	g/tonnes fuel	2112
	1.A.2.g.vii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii and 1.A.4.c.ii	Cadmium	mg/kg fuel	0.010
		Copper	mg/kg fuel	1.70
		Chromium	mg/kg fuel	0.050
		Nickel	mg/kg fuel	0.07
		Selenium	mg/kg fuel	0.01

Podatci o aktivnosti bi se trebali moći dobiti iz državnih zavoda za statistiku. Ukoliko ne postoje statistike o potrošnji goriva za necestovna vozila, mogu se uzeti u obzir primjeri, istraživanja ili industrijski podatci kako bi se definirala odgovarajuća podjela na izgaranje u pokretnim i stacionarnim strojevima. Ako nisu dostupni nikakvi drugi podatci, preporučava se pretpostavka da je sva potrošnja dizelskog goriva i benzina za pojedinu NFR kategoriju potrošena od strane necestovnih strojeva.

U Vodiču su predloženi i opisani načini za generiranje podataka o procjenama goriva potrošenog od strane NCPS. U nekim slučajevima je moguće naći jaku vezu između goriva potrošenog od strane NCPS i opće dostupnih baza podataka, kao što su npr. podatci o GVA (engl. *Gross Value Added*, hrv. Bruto dodana vrijednost). U ostalim slučajevima je moguće dobiti procjenu za dio od ukupno potrošenog goriva u pojedinoj kategoriji pokretnih strojeva.

NCPS u industriji i gradilištima

Za NCPS u industriji i gradilištima određena je sljedeća veza između potrošenog goriva i GVA:

$$F_{liquid} = 0,49 \cdot GVA, \quad (2)$$

pri čemu je:

F_{liquid} - količina tekućeg goriva potrošenog od strane NCPS u proizvodnji i na gradilištima, izražena u TJ,

GVA - bruto dodana vrijednost za proizvodnju i gradilišta, izražena u milijunima eura.

Međutim, treba imati na umu da jednadžba (2) predstavlja gornju granicu za potrošnju tekućeg goriva te da postoje značajne nesigurnosti u određivanju veze između potrošenog goriva i GVA. Podatci iz pojedinih državnih inventara pokazuju značajno manju potrošnju goriva po jedinici GVA. Stoga bi se gornja jednadžba trebala uzeti u obzir s velikim oprezom.

NCPS u kućanstvima i vrtovima

Dosad nije bilo moguće utvrditi snažnu i dosljednu vezu između goriva koje se koristi u NCPS u stambenom sektoru s uobičajeno dostupnim bazama podataka. Međutim, za prvu aproksimaciju se može pretpostaviti da je 1-2 % od ukupnog iznosa tekućeg goriva koje je

iskorišteno u kućanstvima i vrtovima potrošeno od strane NCPS. Međutim, u nekim državama, kao što su npr. Švedska i Norveška, se taj postotak kreće između 5 i 10 %.

NCPS u poljoprivredi, šumarstvu i ribarstvu

Prema procjenama, postoji jaka veza dobivena od Eurostat-a (hrv. Statistički ured EU), između tekućeg goriva potrošenog od strane NCPS i GVA u poljoprivredi, šumarstvu i ribarstvu. Jednadžbom (3) je prikazan međusobni linearni odnos:

$$F_{liquid} = 3,4 \cdot GVA, \quad (3)$$

pri čemu je:

F_{liquid} - količina tekućeg goriva potrošenog od strane NCPS u poljoprivredi, šumarstvu i ribarstvu (TJ),

GVA - bruto dodana vrijednost za poljoprivredu, šumarstvo i ribarstvo izražena u milijunima eura.

Može se pretpostaviti da je ukupno potrošeno gorivo u navedenim djelatnostima u potpunosti dizelsko gorivo.

Ostale kategorije NCPS

Nije moguće odrediti korisne odnose ili indikatore za sljedeće kategorije:

- NCPS u trgovini,
- NCPS u ostalim područjima (npr. vojska, plovila za rekreaciju, itd.).

Metoda Tier 2 – tehnološki ovisan pristup

Općeniti algoritam za izračunavanje emisija za svaku kategoriju (industrija, poljoprivreda i šumarstvo, kopnena vojska, te kućanstvo i vrtlarstvo) pomoću Tier 2 metode je sljedeći:

$$E_i = \sum_j \sum_t FC_{j,t} \cdot EF_{i,j,t}, \quad (4)$$

pri čemu je:

E_i - masa emisije onečišćivača i tijekom razdoblja izrade inventara,

$FC_{j,t}$ - potrošnja goriva vrste j od strane strojeva kategorije c i tehnologije vrste t ,

$EF_{i,j}$ - prosječan emisijski faktor za onečišćivač i za vrstu goriva j za vrstu strojeva kategorije c i tehnologije vrste t ,

i - vrsta onečišćivača,

j - vrsta goriva (dizelsko, UNP, benzin)

t - tehnologija necestovnih strojeva: <1981., 1981.-1990., 1991.-Stupanj I, Stupanj II, Stupanj IIIA.

Emisijski faktori za Tier 2 metodu procjene emisija se temelje na detaljnim informacijama o emisijskim faktorima za NCPS iz TREMOD (engl. *Transport Emission Model*, hrv. Model za izračunavanje emisija iz prometa) modela u kombinaciji s flotnim podacima iz Danskog inventara emisija. Emisijski faktori su grupirani prema EU stupnjevima graničnih vrijednosti emisija iz direktive te su također u tablice dodani i dodatni stupci koji pokrivaju emisije iz motora proizvedenih prije donošenja prvih EU zakona o emisijama. Za neke onečišćivače (teški metali, SO₂, CO₂) su emisijski faktori neovisni o tehnologiji koju koriste strojevi, tj. jednostavno se izračunaju iz potrošenog goriva. Ključni onečišćivači, čije emisije ovise o vrsti tehnologije u upotrebi, su čestice, NO_x, NMVOC i CO. Na Slika 7 je prikazan primjer jedne stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s emisijskim faktorima za NCPS za Tier 2 metodu procjene emisija.

Mobile Combustion in manufacturing industries and construction											
Tier 2 emission factors											
				Technology							
Fuel	NFR Sector	Pollutant	Units	< 1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV
	1.A.4.c.ii: Forestry	PM ₁₀	g/tonnes fuel	3861	4047	1942	1020	624	550	100	100
		PM _{2.5}	g/tonnes fuel	3861	4047	1942	1020	624	550	100	100
		TSP	g/tonnes fuel	3861	4047	1942	1020	624	550	100	100
		CH ₄	g/tonnes fuel	183	143	109	36	29	29	13	13
		CO	g/tonnes fuel	19014	16045	13553	5899	5940	5947	6000	6000
		CO ₂	kg/tonnes fuel	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160
		N ₂ O	g/tonnes fuel	123	131	137	138	139	139	140	140
		NH ₃	g/tonnes fuel	7	7	8	8	8	8	8	8
		NM VOC	g/tonnes fuel	7423	5827	4429	1480	1160	1161	519	519
		NO _x	g/tonnes fuel	33028	44030	49127	31571	20593	12845	7200	1600
		PM ₁₀	g/tonnes fuel	3493	3731	2044	787	595	573	100	100
		PM _{2.5}	g/tonnes fuel	3493	3731	2044	787	595	573	100	100
		TSP	g/tonnes fuel	3493	3731	2044	787	595	573	100	100
	1.A.2.g.vii and 1.A.4.a.ii	CH ₄	g/tonnes fuel	199	171	141	43	39	36	13	13
		CO	g/tonnes fuel	20690	18890	16083	6669	7135	6826	6000	6000
		CO ₂	kg/tonnes fuel	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160
		N ₂ O	g/tonnes fuel	121	128	133	136	136	136	140	140
		NH ₃	g/tonnes fuel	7	7	8	8	8	8	8	8
		NM VOC	g/tonnes fuel	8077	6962	5742	1731	1387	1470	519	519
		NO _x	g/tonnes fuel	26552	33942	43587	31109	22101	15653	7200	1600
		PM ₁₀	g/tonnes fuel	6207	4308	3583	1014	1034	950	100	100
		PM _{2.5}	g/tonnes fuel	6207	4308	3583	1014	1034	950	100	100
		TSP	g/tonnes fuel	6207	4308	3583	1014	1034	950	100	100
	Gasoline: two- stroke 1.A.2.g.vii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii and 1.A.4.c.ii	CH ₄	g/tonnes fuel	22483	24150	17284	16979	8517			
		CO	g/tonnes fuel	754523	701219	621083	620519	695237			
		CO ₂	kg/tonnes fuel	3197	3197	3197	3197	3197			
		N ₂ O	g/tonnes fuel	12	13	16	18	20			
		NH ₃	g/tonnes fuel	2	3	3	4	4			
		NM VOC	g/tonnes fuel	298703	320843	229630	225579	113157			
		NO _x	g/tonnes fuel	1050	1145	1852	3445	2495			
		PM ₁₀	g/tonnes fuel	7037	6054	3869	3683	4299			
		PM _{2.5}	g/tonnes fuel	7037	6054	3869	3683	4299			
		TSP	g/tonnes fuel	7037	6054	3869	3683	4299			
	Gasoline: 1.A.2.g.vii, 1.A.4.a.ii,	CH ₄	g/tonnes fuel	700	1269	672	650	568			

Slika 7. Primjer stranice iz Vodiča s emisijskim faktorima za Tier 2 metodu [9]

U tablici u kojoj su navedeni emisijski faktori za Tier 2 metodu u Vodiču, emisijski faktori za šumarstvo i poljoprivredu su razdvojeni jer među njima postoje značajne razlike. Međutim, ukoliko su u državnim statistikama navedeni zajedno, u obzir se uzima prosječna vrijednost za emisijski faktor. Osnovni podatci u državnim statistikama daju podatke o potrošnji goriva za različite NFR kategorije koje se koriste kod metode Tier 1. Kako bi se mogli primjeniti Tier 2 emisijski faktori, ovi podatci o potrošnji goriva bi se trebali podijeliti prema relativnom udjelu tehnologije korištene u motorima (npr. <1981., 1981.-1990., 1991.-Stupanj I, Stupanj I, Stupanj II, Stupanj IIIA) posebno za svaku godinu. To bi se moglo napraviti preko istraživanja na državnoj razini, što bi bila bolja opcija, ili korištenjem stručnih procjena od strane stručnjaka iz različitih kategorija NCPS. U Vodiču su također dane tablice s podacima o procjenama radnog vijeka različitih kategorija strojeva te tablice o podjeli ukupne potrošnje goriva za različite motore za svaku godinu. Na Slika 8 je prikazan primjer jedne stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s postotcima specifične potrošnje goriva prema starosti motora.

Age	Technology Level	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1991-Stage I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	Stage I	40	4	0	0	0	0	0	0	0	0
0	Stage II	60	96	100	100	100	100	100	100	100	100
1	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1991-Stage I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	Stage I	100	40	3	0	0	0	0	0	0	0
1	Stage II	0	60	97	100	100	100	100	100	100	100
2	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1991-Stage I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Stage I	100	100	39	4	0	0	0	0	0	0
2	Stage II	0	0	61	96	100	100	100	100	100	100
3	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1991-Stage I	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Stage I	0	100	100	40	4	0	0	0	0	0
3	Stage II	0	0	0	60	96	100	100	100	100	100
4	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1991-Stage I	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Stage I	0	0	100	100	32	5	0	0	0	0
4	Stage II	0	0	0	0	68	95	100	100	100	100
5	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1991-Stage I	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0
5	Stage I	0	0	0	100	100	70	1	0	0	0
5	Stage II	0	0	0	0	0	30	99	100	100	100
6	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1991-Stage I	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
6	Stage I	0	0	0	0	100	100	70	1	0	0
6	Stage II	0	0	0	0	0	0	30	99	100	100
7	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1991-Stage I	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
7	Stage I	0	0	0	0	0	100	100	70	1	0
7	Stage II	0	0	0	0	0	0	0	30	99	100
8	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1991-Stage I	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
8	Stage I	0	0	0	0	0	0	99	99	11	3
8	Stage II	0	0	0	0	0	0	1	1	89	97
9	<1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1981-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1991-Stage I	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0

Slika 8. Primjer stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s postotcima specifične potrošnje goriva za Tier 2 metodu [9]

Metoda Tier 3 – tehnološki slojevit pristup

Kod Tier 2 metode se u obzir uzimaju statistički podatci o potrošnji goriva koji se potom množe s emisijskim faktorima. Međutim, procjene pomoću ove metode mogu biti zahtjevne jer statistički podatci o potrošnji goriva nisu dovoljno detaljni.

Za razliku od Tier 2, Tier 3 metoda se temelji na US-EPA (engl. *US-Environmental Protection Agency*, hrv. Agencija za zaštitu okoliša SAD-a) metodi za procjenu emisija iz necestovnih vozila. Tier 3 metoda u Vodiču uključuje detaljne podatke o potrošnji goriva i o emisijama, velikim dijelom preuzete iz njemačkog TREMOD modela za NCPS.

Osnovni algoritam koji se koristi za izračun emisije pomoću Tier 3 metode je prikazan sljedećom jednadžbom:

$$E = N \cdot HRS \cdot P \cdot (1 + DFA) \cdot LFA \cdot EF_{Base}, \quad (5)$$

pri čemu je:

E - masa emisije onečišćivača i tijekom promatranog razdoblja, g/kWh,

N - količina motora (broj); strojevi su podijeljeni na različite tehnološke razine i različite raspone snage motora, -,

HRS - godišnji broj radnih sati, koji je funkcija starosti strojeva, h,

P - snaga motora, kW,

DFA - faktor zastarijevanja (engl. *Deterioration Factor*), koji je funkcija raspona snage motora i tehnološke razine stroja, -,

LFA - faktor opterećenja (engl. *Load Factor*), koji je funkcija tehnološke razine stroja,

EF_{Base} - osnovni emisijski faktor, koji je funkcija tehnološke razine stroja i raspona snage motora, za svaki onečišćivač posebno, g/kWh.

Kako bi se mogla koristiti metoda Tier 3 za procjenu emisija, potrebno je strojeve podijeliti u pogledu tehnološke razine, raspona snage motora, opterećenja, starosti te godišnjeg broja radnih sati za svaku kategoriju strojeva. Kod metode Tier 3, uz emisije iz ispušnog sustava, u obzir se uzimaju i emisije isparavanja kod Ottovih motora. Emisije isparavanja se računaju pomoću sljedeće formule:

$$E = N \cdot HRS \cdot EF_{eva}, \quad (6)$$

pri čemu su:

parametri N i HRS jednaki onima kod procjene emisija iz ispušnog sustava,

EF_{eva} - emisijski faktor isparavanja, g/kWh.

Podatci potrebni za procjenu emisija pomoću Tier 3 metode se često koriste i u mnogim državnim studijama te u industriji.

Emisijski faktori do Stupnja II za strojeve pokretane Dieselovim motorima su dobiveni raznim mjerenjima i studijama, dok su emisijski faktori od Stupnja IIIA nadalje procijenjeni iz graničnih vrijednosti EU pravilnika. Na Slika 9 je prikazan primjer jedne stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s emisijskim faktorima za NCPS pokretane Dieselovim motorima za Tier 3 metodu procjene emisija.

Emisijski faktori za Ottove motore su podijeljeni na dvotaktne i četverotaktne motore te na strojeve koji se koriste na način da ih korisnik drži rukama i one koji nisu namijenjeni za ručni rad. Nadalje, emisijski faktori su grupirani u klase po radnom obujmu motora koje odgovaraju kategorizaciji motora prema EU pravilnicima. Emisijski faktori i potrošnja goriva za Ottove motore su dani za motore tehnološke razine do Stupnja II. Na Slika 10 je prikazan primjer jedne stranice iz Vodiča na kojoj su tablice s emisijskim faktorima za NCPS pokretane Ottovim motorima za Tier 3 metodu procjene emisija.

Emisijski faktori za motore pogonjene UNP-om su dani u Vodiču u tablici bez podjele na tehnološke razine.

Engine Power (kW)	Technology Level	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM	PM _{2.5}	FC
P<19	<1981	12	5	0.12	7	0.035	0.002	2.8	2.6	300
P<19	1981-1990	11.5	3.8	0.09	6	0.035	0.002	2.3	2.2	285
P<19	1991-Stage I	11.2	2.5	0.06	5	0.035	0.002	1.6	1.5	270
P<19	Stage I	11.2	2.5	0.06	5	0.035	0.002	1.6	1.5	270
P<19	Stage II	11.2	2.5	0.06	5	0.035	0.002	1.6	1.5	270
P<19	Stage IIIA	11.2	2.5	0.06	5	0.035	0.002	1.6	1.5	270
P<19	Stage IIIB	11.2	2.5	0.06	5	0.035	0.002	1.6	1.5	270
P<19	Stage IV	11.2	2.5	0.06	5	0.035	0.002	1.6	1.5	270
P<19	Stage V	11.2	2.5		4.8			0.4	0.4	270
19<=P<37	<1981	18	2.5	0.06	6.5	0.035	0.002	2	1.9	300
19<=P<37	1981-1990	18	2.2	0.05	5.5	0.035	0.002	1.4	1.3	281
19<=P<37	1991-Stage I	9.8	1.8	0.04	4.5	0.035	0.002	1.4	1.3	262
19<=P<37	Stage I	9.8	1.8	0.04	4.5	0.035	0.002	1.4	1.3	262
19<=P<37	Stage II	6.5	0.6	0.01	2.2	0.035	0.002	0.4	0.4	262
19<=P<37	Stage IIIA	6.08	0.6	0.01	2.2	0.035	0.002	0.4	0.4	262
19<=P<37	Stage IIIB	6.08	0.6	0.01	2.2	0.035	0.002	0.4	0.4	262
19<=P<37	Stage IV	6.08	0.6	0.01	2.2	0.035	0.002	0.4	0.4	262
19<=P<37	Stage V	6.08	0.6		2.2			0.015	0.014	262
37<=P<56	<1981	7.7	2.4	0.06	6	0.035	0.002	1.8	1.7	290
37<=P<56	1981-1990	8.6	2	0.05	5.3	0.035	0.002	1.2	1.1	275
37<=P<56	1991-Stage I	11.5	1.5	0.04	4.5	0.035	0.002	0.8	0.8	260
37<=P<56	Stage I	7.7	0.6	0.01	2.2	0.035	0.002	0.4	0.4	260
37<=P<56	Stage II	5.5	0.4	0.01	2.2	0.035	0.002	0.2	0.2	260
37<=P<56	Stage IIIA	3.81	0.4	0.01	2.2	0.035	0.002	0.2	0.2	260
37<=P<56	Stage IIIB	3.4	0.28	0.01	2.2	0.035	0.002	0.03	0.03	260
37<=P<56	Stage IV	2.1	0.28	0.01	2.2	0.035	0.002	0.03	0.03	260
37<=P<56	Stage V	2.1	0.28		2.2			0.015	0.014	260
56<=P<75	<1981	7.7	2.4	0.06	6	0.035	0.002	1.8	1.7	290
56<=P<75	1981-1990	8.6	2	0.05	5.3	0.035	0.002	1.2	1.1	275
56<=P<75	1991-Stage I	11.5	1.5	0.04	4.5	0.035	0.002	0.8	0.8	260
56<=P<75	Stage I	7.7	0.6	0.01	2.2	0.035	0.002	0.4	0.4	260
56<=P<75	Stage II	5.5	0.4	0.01	2.2	0.035	0.002	0.2	0.2	260
56<=P<75	Stage IIIA	3.81	0.4	0.01	2.2	0.035	0.002	0.2	0.2	260
56<=P<75	Stage IIIB	3.4	0.28	0.01	2.2	0.035	0.002	0.03	0.03	260
56<=P<75	Stage IV	2.1	0.28	0.01	2.2	0.035	0.002	0.03	0.03	260
56<=P<75	Stage V	2.1	0.28		2.2			0.015	0.014	260
75<=P<130	<1981	10.5	2	0.05	5	0.035	0.002	1.4	1.3	280
75<=P<130	1981-1990	11.8	1.6	0.04	4.3	0.035	0.002	1	0.9	268
75<=P<130	1991-Stage I	13.3	1.2	0.03	3.5	0.035	0.002	0.4	0.4	255
75<=P<130	Stage I	8.1	0.4	0.01	1.5	0.035	0.002	0.2	0.2	255
75<=P<130	Stage II	5.2	0.3	0.01	1.5	0.035	0.002	0.2	0.2	255

Slika 9. Primjer stranice iz Vodiča na kojoj je tablica s emisijskim faktorima i potrošnjom goriva za NCPS pokretane Dieslovim motorima za metodu Tier 3 [9]

Mobile Combustion in manufacturing industries and construction

Engine	Size code	Size class	Technology Level	NO _x	VOC	CO	N ₂ O	NH ₃	TSP	FC
2-stroke	SH2	20<=S<50	1991-Stage I	1.1	203	463	0.002	0.010	3.5	735
2-stroke	SH2	20<=S<50	Stage I	1.5	188	379	0.002	0.010	3.5	720
2-stroke	SH2	20<=S<50	Stage II	1.5	44	379	0.002	0.010	3.5	500
2-stroke	SH3	S>=50	<1981	1.1	189	510	0.002	0.010	3.6	665
2-stroke	SH3	S>=50	1981-1990	1.1	158	425	0.002	0.010	2.7	609
2-stroke	SH3	S>=50	1991-Stage I	1.2	126	340	0.002	0.010	1.8	554
2-stroke	SH3	S>=50	Stage I	2	126	340	0.002	0.010	1.8	529
2-stroke	SH3	S>=50	Stage II	1.2	64	340	0.002	0.010	1.8	500
2-stroke	SN1	S<66	<1981	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN1	S<66	1981-1990	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN1	S<66	1991-Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN1	S<66	Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN1	S<66	Stage II	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN2	66<=S<100	<1981	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN2	66<=S<100	1981-1990	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN2	66<=S<100	1991-Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN2	66<=S<100	Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN2	66<=S<100	Stage II	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN3	100<=S<225	<1981	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN3	100<=S<225	1981-1990	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN3	100<=S<225	1991-Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN3	100<=S<225	Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN3	100<=S<225	Stage II	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN4	S>=225	<1981	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN4	S>=225	1981-1990	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN4	S>=225	1991-Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN4	S>=225	Stage I	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652
2-stroke	SN4	S>=225	Stage II	0.5	155	418	0.002	0.010	2.6	652

Table 3-13 Emission factors and fuel consumption (FC) for gasoline 4 stroke non road engines (g/kWh)

Engine	Size code	Size classe	Technology Level	NO _x	VOC	CO	N ₂ O	NH ₃	TSP	FC
4-stroke	SH2	20<=S<50	<1981	2.4	33	198	0.002	0.03	0.09	496
4-stroke	SH2	20<=S<50	1981-1990	3.5	27.5	165	0.002	0.03	0.08	474
4-stroke	SH2	20<=S<50	1991-Stage I	4.7	22	132	0.002	0.03	0.06	451
4-stroke	SH2	20<=S<50	Stage I	4.7	22	132	0.002	0.03	0.06	406
4-stroke	SH2	20<=S<50	Stage II	4.7	22	132	0.002	0.03	0.06	406
4-stroke	SH3	S>=50	<1981	2.4	33	198	0.002	0.03	0.09	496
4-stroke	SH3	S>=50	1981-1990	3.5	27.5	165	0.002	0.03	0.08	474
4-stroke	SH3	S>=50	1991-Stage I	4.7	22	132	0.002	0.03	0.06	451
4-stroke	SH3	S>=50	Stage I	4.7	22	132	0.002	0.03	0.06	406
4-stroke	SH3	S>=50	Stage II	4.7	22	132	0.002	0.03	0.06	406
4-stroke	SN1	S<66	<1981	1.2	26.9	822	0.002	0.03	0.09	603
4-stroke	SN1	S<66	1981-1990	1.8	22.5	685	0.002	0.03	0.08	603

Slika 10. Primjer stranice iz Vodiča na kojoj su tablice s emisijskim faktorima i potrošnjom goriva za NCPS pokretane Ottovim motorima za metodu Tier 3 [9]

U Vodiču su u tablicama također dani i faktori zastarijevanja, jer se motori s vremenom troše te se, shodno tome, i emisijski faktori s vremenom povećavaju. Npr. iz tablica u Vodiču se može očitati da emisija čestica iz Dieselog motora postaje za 47,3 % veća kada motor dosegne prosječni radni vijek u odnosu na vrijeme kada je bio novi.

Također, u Vodiču su u tablicama dani i faktori opterećenja (LFA) za Dieselve motore te faktori isparavanja (EF_{eva}) za Ottove motore za Tier 3 metodu procjene emisija.

Većina podataka potrebnih za korištenje Tier 3 metode za procjenu emisija nisu dijelom općih godišnjih statističkih izvješća. Stoga se razumne procjene mogu donijeti na temelju općenitih tehničkih iskustava. Podatci o broju različitih strojeva i njihovoj starosti se ponekad mogu dobiti iz prodajnih statistika državnih statističkih organizacija ili trgovačkih udruženja za dobavljače ili korisnike. Trgovačka udruženja za dobavljače ili korisnike također mogu pružiti i podatke o procjenama snage strojeva, vremenu upotrebe strojeva te faktorima opterećenja. U nedostatku podataka iz državnih izvješća, moguće je poslužiti se danskim inventarom za procjenu radnih sati strojeva tijekom godine kao i za procjenu različitih veličina motora, starosti i vrstama strojeva u upotrebi za različite NFR kategorije kao i procjene o faktorima opterećenja.

3.2. Željeznički promet

Pod željezničkim prometom se smatra prijevoz robe i/ili ljudi željeznicom. Željezničke lokomotive se dijele općenito na tri vrste: dizelske, električne i, danas vrlo rijetke, parne. Dizelske lokomotive za pogon koriste Dieselve motore ili kombinaciju Dieselog motora i generatora za proizvodnju električne energije koja pokreće pogonske motore (dizel-električne lokomotive). Lokomotive se dijele u tri kategorije:

- manevarske lokomotive: služe za manevriranje vagona, a pogone ih Dieselovi motori snage od 200 do 2000 kW,
- motorni vlakovi: uglavnom se koriste za željezničku vuču za kratke udaljenosti (gradski ili međugradski promet), a pogone ih Dieselovi motori snage od 150 do 1000 kW,



- teretne lokomotive: uglavnom se koriste za željezničku vuču tereta i ljudi za duge udaljenosti, a pogone ih Diesellovi motori snage od 400 do 4000 kW.



Trenutno postoje dvije vrste goriva koje se koriste u Diesellovim motorima u željezničkom prometu: plinsko ulje, koje je velike gustoće s većim udjelom sumpora i konvencionalno dizelsko gorivo, slično onom koje se koristi u cestovnom prometu, manje gustoće i s manjim udjelom sumpora. Emisije ispušnih plinova iz željezničkog prometa dolaze od izgaranja tekućeg goriva u Diesellovim motorima i čvrstog ili tekućeg goriva u parnim strojevima.

Električne lokomotive i njihove indirektno emisije, koje nastaju u elektranama, nisu uzete u razmatranje u ovom radu jer spadaju pod kategoriju stacionarnog izgaranja.

Parne lokomotive se u današnje vrijeme koriste lokalno, u prvom redu kao turističke atrakcije te je, shodno tome, njihov doprinos ukupnim emisijama vrlo malen.

Značaj emisija iz željezničkog prometa se kreće u rasponu od neznatnog, za države koje imaju malu željezničku mrežu ili u velikoj mjeri koriste električne lokomotive, do srednje važnog. Željeznički promet je bitan za emisiju SO_2 , NO_x , CO_2 i čestica, a manje, ali ipak bitno, za emisiju CO, NMVOC i za neke teške metale.

3.2.1. Emisije iz željezničkih vozila

Emisije iz željezničkih vozila nastaju prilikom izgaranja goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Stoga, glavni onečišćivači su oni iz Diesellovih motora: CO_2 , PM i NO_x te također u manjoj mjeri CO i ugljikovodici, SO_x i teški metali. Plinovite emisije se mogu smanjivati na dva načina: boljim procesom izgaranja u kombinaciji s naknadnom obradom ispušnih plinova i poboljšanjem kvalitete goriva. Obje mjere se koriste u željezničkom prometu. Tehnologije koje se koriste za kontrolu emisija uključuju EGR i SCR za regulaciju NO_x emisija te DPF za kontrolu emisije čestica. Ove tehnologije su bolje razvijene za Diesellove motore u cestovnom prometu, međutim, postupno se razvijaju i za motore u željezničkom prometu. Emisije u željezničkom prometu su regulirane EU direktivama. Radni vijek većine lokomotiva je oko 30 godina, s tim da se kod nekih i ranije mijenjaju motori. Međutim, zbog tako dugog vijeka trajanja i slabog prodora novih motora, treba proći dosta vremena da bi EU direktive počele utjecati na emisije u željezničkom prometu. I kvaliteta

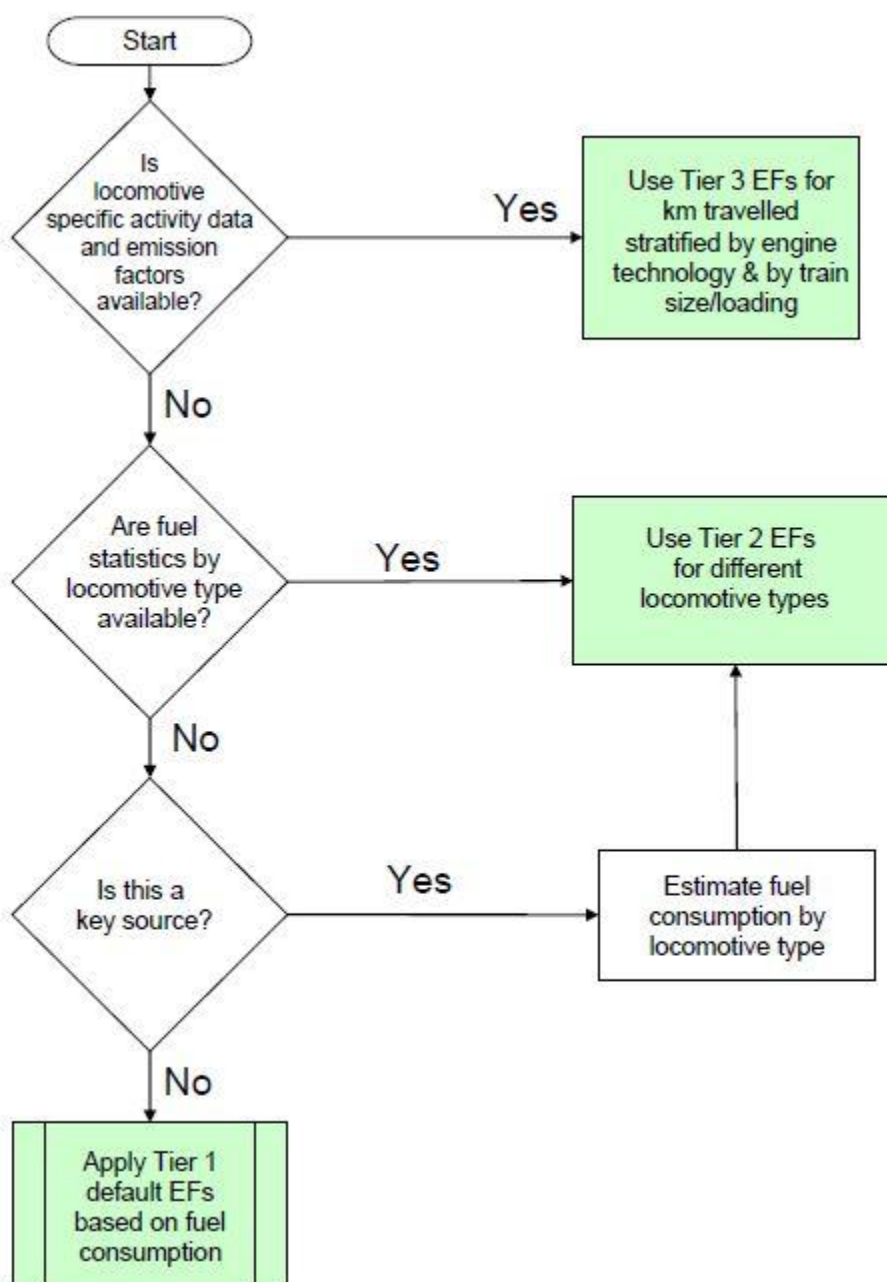
dizelskog goriva za NCPS se također mijenja. Kako bi se napredni sustavi za kontrolu emisija mogli uvesti u rad, potrebno je smanjiti udio sumpora u gorivu. To bi se moglo postići prelaskom na korištenje dizelskog goriva umjesto plinskog ulja. Međutim, nije jasno kakve bi sve posljedice novo gorivo moglo donijeti, iako je općenito poznato da s padom gustoće, pada i emisija čestica, ali se povećava emisija NO_x. Ostale vrste goriva koje su se počele pojavljivati u željezničkom prometu su biodizel i prirodni plin. Međutim, njihov je udio još uvijek poprilično malen da bi imali značajniji utjecaj na ukupnu emisiju.

3.2.2. Metode procjene emisija iz željezničkog prometa

Osnovni koncept metode procjene emisija iz željezničkog prometa je sljedeći:

- ukoliko su dostupni detaljni podatci, tada ih je potrebno iskoristiti u što većoj mjeri,
- ukoliko je neka kategorija izvora emisija ključan izvor emisija, tada se preporučava koristiti Tier 2 i Tier 3 metode za procjenu emisija.

Na Sliku 11 je prikazan dijagram toka na kojemu je prikazan način odabira odgovarajuće metode za procjenu emisija iz željezničkog prometa.



Slika 11. Dijagram toka za izbor odgovarajuće metode za procjenu emisija iz željezničkog prometa [9]

Metoda Tier 1 – metoda ukupno potrošenog goriva

Metoda Tier 1 za procjenu emisije iz željezničkog prometa je metoda koja se temelji na potrošenom gorivu, a opća jednadžba za izračun emisija je:

$$E_i = \sum_m FC_m \cdot EF_{i,m}, \quad (7)$$

pri čemu je:

- E_i - emisija onečišćivača i za promatrano razdoblje, kg ili g,
- FC_m - potrošeno gorivo vrste m za razmatrano razdoblje i područje, u tonama,
- EF_i - emisijski faktor onečišćivača i za svaku jedinicu potrošenog goriva m , kg/tona,
- m - vrsta goriva (dizelsko ili plinsko ulje).

Emisijski faktori za Tier 1 metodu su navedeni u tablici u Vodiču te su primjenjivi i za dizelsko gorivo i za plinsko ulje.

Emisija SO_2 se može izračunati iz sljedeće jednadžbe:

$$E_{SO_2} = 2 \cdot \sum_m k_{S,m} \cdot FC_m, \quad (8)$$

pri čemu je:

- E_{SO_2} - emisija sumporovog dioksida za promatrano razdoblje, kg,
- $k_{S,m}$ - udio sumpora u gorivu (% mase).

Uobičajeni udio sumpora u plinskom ulju je 0,1 % mase (1000 ppm), a u dizelskom gorivu 0,005 % mase (50 ppm).

Metoda Tier 1 se zasniva na podacima o prodanom gorivu. Pretpostavlja se da su podatci o prodanom gorivu dostupni iz državnih zavoda za statistiku ili iz podataka o prodanom gorivu. Pretpostavlja se, također, da je količina goriva prodana u jednoj godini jednaka količini goriva potrošenog u toj istoj godini. Razlika između plinskog ulja i dizelskog goriva kod Tier 1 metode je potrebna samo za izračun SO_2 emisije, dok su svi ostali emisijski faktori jednaki za obje vrste goriva.

Metoda Tier 2 – metoda potrošenog goriva s obzirom na vrstu lokomotive

Metoda Tier 2 se temelji na raspodjeli ukupno potrošenog goriva u željezničkom prometu prema različitim vrstama lokomotiva. Pretpostavlja se da, na primjer, gorivo može biti raspodijeljeno prema statističkom broju lokomotiva, kategoriziranih prema vrsti i njihovoj prosječnoj upotrebi. Takvi podatci se mogu dobiti, na primjer, iz evidencije održavanja lokomotiva. Algoritam za izračun emisija pomoću metode Tier 2 je:

$$E_i = \sum_m \sum_j (FC_{j,m} \cdot EF_{i,j,m}), \quad (9)$$

pri čemu je:

- E_i - emisija onečišćivača i za promatrano razdoblje, kg ili g,

$FC_{j,m}$ - potrošeno gorivo vrste m , potrošeno od strane kategorije j za razmatrano razdoblje i područje, u tonama,

$EF_{i,j,m}$ - emisijski faktor onečišćivača i za svaku jedinicu goriva vrste m , potrošeno od strane kategorije j , kg/tona,

m - vrsta goriva (dizelsko ili plinsko ulje),

j - kategorija lokomotive (manevarska, motorni vlak ili teretna).

Emisijski faktori za Tier 2 metodu su dani u Vodiču u tri tablice, za svaku kategoriju lokomotiva posebno.

Iz zapisa iz baza podataka za lokomotive se mogu dobiti podatci o broju lokomotiva i njihovoj prosječnoj potrošnji goriva (u litrama po jednoj godini). Za korištenje metode Tier 2 je potrebno državne statističke podatke o potrošnji goriva raspodijeliti na vrste lokomotiva kako bi se mogli poslužiti trima različitim skupovima emisijskih faktora. Ukoliko toliko detaljni podatci nisu dostupni, oni se mogu izvesti iz broja lokomotiva i prosječnog broja radnih sati u jednoj godini za svaku vrstu lokomotive posebno koristeći faktore potrošnje goriva iz Tablica 12.

Tablica 12. Potrošnja goriva za različite vrste lokomotiva [9]

Kategorija (engl. <i>Category</i>)	Potrošnja goriva (engl. <i>Fuel Consumption</i>)	Jedinice (engl. <i>Units</i>)
Teretne lokomotive (engl. <i>Line-haul locomotives</i>)	219,0	kg/h
Manevarske lokomotive (engl. <i>Shunting locomotives</i>)	90,9	kg/h
Motorni vlakovi (engl. <i>Railcars</i>)	53,6	kg/h

Detalji o broju lokomotiva i broju sati u upotrebi mogu se dobiti iz željezničkih statistika, željezničkih tvrtki, željezničkih rasporeda ili od državne željezničke agencije. Bitno je da zbroj prosječne potrošnje goriva i radnih sati za sve tri vrste lokomotiva odgovara ukupnoj potrošnji goriva. Ako to nije slučaj, tada bi trebalo umanjiti potrošnju goriva prema vrsti

lokomotiva u odnosu na državne statistike kako bi se osigurala sveukupna energetska ravnoteža u inventaru.

Metoda Tier 3 – metoda pristupa podacima o konkretnoj pojedinačnoj lokomotivi

Metode Tier 1 i Tier 2 se temelje na prodaji goriva kao osnovnom pokazatelju djelovanja. Za izračun emisija pomoću metode Tier 3 se koristi procjena broja lokomotiva i prosječan godišnji broj radnih sati kao osnovni pokazatelj djelovanja. Još detaljniji pristup izračunu emisija pomoću Tier 3 metode bi bio kada bi se zasebno razmatralo svaku vrstu lokomotiva i njihovu upotrebu. Detaljan pristup svakoj pojedinačnoj vrsti pogonskog motora i vlaka utječe na emisije zbog ovisnosti emisijskih faktora o opterećenju. Podatci potrebni za ovakav pristup uključuju potrošnju goriva, podijeljenu prema karakteristikama putovanja (npr. prijevoz tereta, međugradski promet, regionalni promet) te prijeđene kilometre ovisno o vrsti vlaka. Algoritam za detaljnu Tier 3 metodu se uglavnom temelji na US-EPA metodi za proračun emisija necestovnih vozila, a opisan je sljedećom jednadžbom:

$$E_i = \sum_m \sum_j (N_{j,m} \cdot H_{j,m} \cdot P_{j,m} \cdot LF_{j,m} \cdot EF_{i,j,m}), \quad (10)$$

pri čemu je:

E_i - emisija onečišćivača i za promatrano razdoblje, kg ili g,

$N_{j,m}$ - broj lokomotiva kategorije j koje koriste gorivo vrste m , -,

$H_{j,m}$ - prosječan broj radnih sati lokomotiva kategorije j , koje koriste gorivo vrste m za promatrano razdoblje, h,

$P_{j,m}$ - prosječna nazivna snaga lokomotiva kategorije j koje koriste gorivo vrste m , kW,

$LF_{j,m}$ - prosječni faktor opterećenja za lokomotivu kategorije j (između 0 i 1),

$EF_{i,j,m}$ - emisijski faktor onečišćivača i za svaku jedinicu snage lokomotiva kategorije j , koje koriste gorivo vrste m , kg/kWh ili g/kWh,

j - kategorija lokomotive,

m - vrsta goriva.

Postoje brojni alati za detaljnu procjenu emisija iz lokomotiva koristeći Tier 3 metodu, a jedan primjer je pokazan i u Vodiču.

Metoda Tier 3, kao najdetaljnija metoda za izradu inventara emisija za željeznički promet, uključuje aktivnost motornih vlakova, teretnih lokomotiva i manevarskih lokomotiva na temelju svakog pojedinačnog putovanja ili na temelju radnih sati. U obzir se uzima duljina

putovanja, vrste lokomotiva u upotrebi kao i masa teretnih vlakova. Općenito, teretni vlakovi imaju veću masu od putničkih, sporiji su te ih često vuku različite vrste lokomotiva. Zbog toga se i emisijski faktori razlikuju ovisno o vrsti vlaka. Najveći problem kod ovako opsežnog pristupa je dostupnost detaljnih podataka o radu lokomotiva i, najvažnije, emisijski faktori s obzirom na svaku vrstu lokomotive zasebno.

3.3. Unutrašnja plovidba

Unutrašnja plovidba u Vodiču nije odijeljena kao zasebna cjelina od ukupnog plovnog prometa nego je pokrivena poglavljem u kojemu je opisan cjelokupni plovni promet, od rekreacijskih plovila do velikih prekoceanskih teretnih brodova pogonjenih raznim vrstama motora.

U ovom radu će se unutrašnju plovidbu razmatrati kao zasebnu kategoriju te će biti razmotreni samo oni podatci koji se odnose na unutrašnju plovidbu.

Značaj ove kategorije na ukupnu emisiju za neku državu može biti neznatan, ukoliko država nema značajnijih vodenih tokova u unutrašnjosti. Unutrašnja plovidba uzrokuje emisije koje potječu od izgaranja goriva prilikom pogona plovila ili prilikom napajanja energijom nekih uređaja plovila. Udio emisija iz unutrašnje plovidbe je značajan za onečišćivače kao što su SO_2 , NO_x , CO_2 i CO , a manje, ali ipak značajan za NMVOC i neke metale.

UNECE i EMEP ne zahtijevaju razlikovanje emisija dok su plovila u lukama i emisija tijekom plovidbe.

Kao pogonske jedinice, najvećim dijelom se koriste Diesellovi motori, čak 99 % ako se u obzir uzme čitava svjetska flota. Još su u upotrebi, ali vrlo rijetko, parne i plinske turbine.

Emisije su ovisne o vrsti motora pa se tako Diesellovi motori mogu podijeliti u tri kategorije:

- male brzine vrtnje – najveća brzina vrtnje do 300 okr/min, najčešće dvotaktni, imaju između 4 i 12 cilindara, kod nekih snaga prelazi i 4000 kW po cilindru,
- srednje brzine vrtnje – najveća brzina vrtnje od 300 do 900 okr/min, najčešće četverotaktni, imaju do 12 cilindara kao redni motori ili 20 cilindara u V obliku, razvijaju snagu između 100 i 2000 kW po cilindru,
- velike brzine vrtnje – brzina vrtnje veća od 900 okr/min, u suštini su manja verzija motora srednje brzine vrtnje.

Parne turbine su zamijenjene Diesellovim motorima koji su efikasniji i jeftiniji za održavanje. Plinske turbine se uglavnom koriste za pogon ratnih brodova i, u maloj mjeri, trgovačkih brodova.

Brodski motori se još mogu podijeliti i prema vrsti goriva koje koriste, jer su neke emisije ovisne više o gorivu nego o vrsti motora. Za brodske motore se koriste sljedeće vrste goriva: brodsko gorivo (engl. *Bunker Fuel Oil* - BFO), brodsko dizelsko gorivo (engl. *Marine Diesel Oil* – MDO) i brodski plin (engl. *Marine Gas Oil* – MGO).

3.3.1. Emisije iz unutrašnje plovidbe

Emisije prouzrokovane unutrašnjom plovidbom su posljedica izgaranja goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Shodno tome, glavni onečišćivači su oni koje emitiraju motori s unutrašnjim izgaranjem, a uključuju CO, VOC, NO_x i PM koji su uglavnom povezani s tehnologijom motora te CO₂, SO_x, teške metale i ostale PM koji su povezani s vrstom goriva koja izgara.

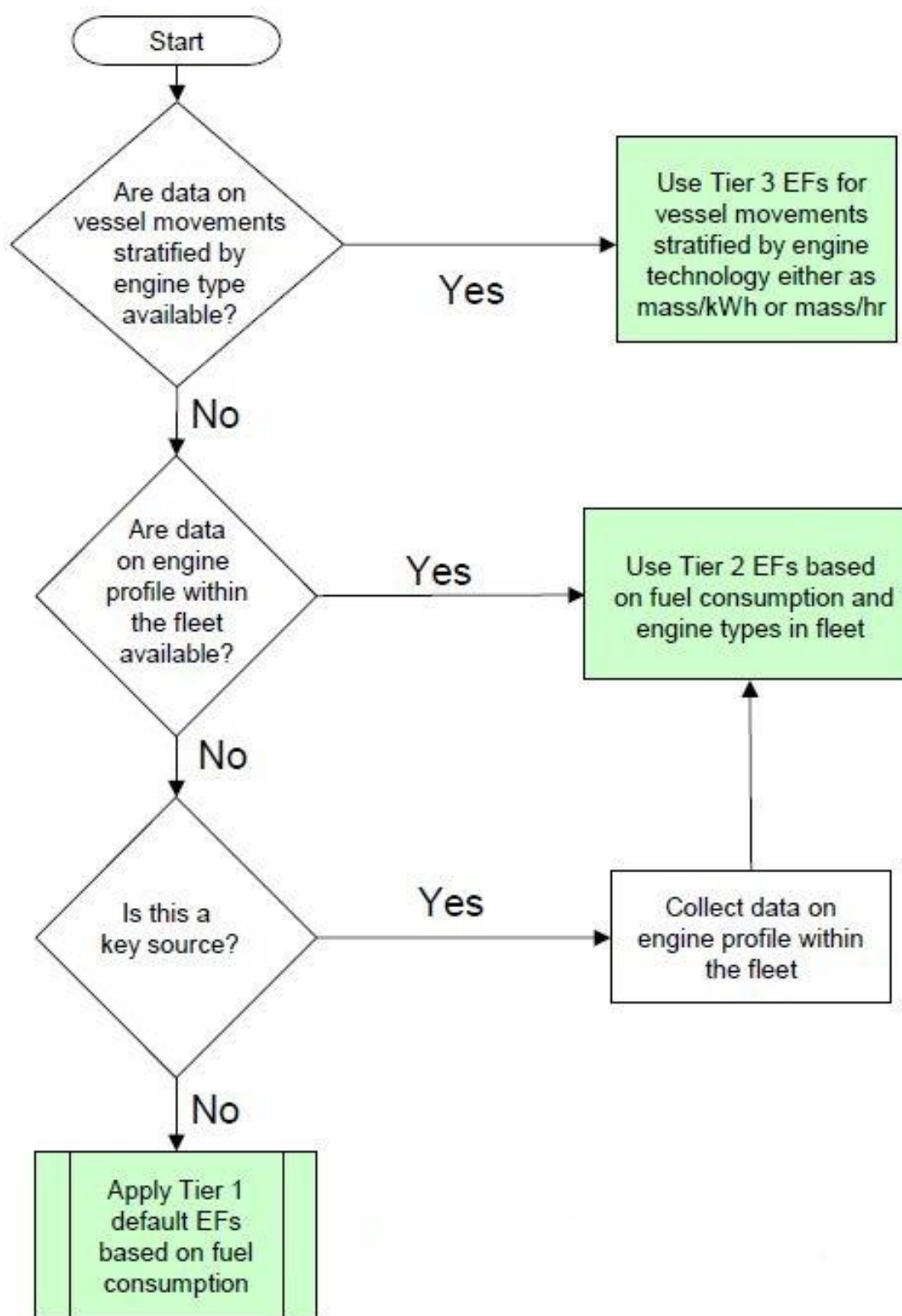
Emisije onečišćivača se mogu smanjiti na dva načina: boljim procesom izgaranja u kombinaciji s naknadnom obradom ispušnih plinova te poboljšanjem kvalitete goriva.

Tehnologije za smanjenje emisija uključuju:

- usavršavanje konstrukcija motora, sustave za ubrizgavanje goriva, elektroničku regulaciju,
- EGR,
- SCR,
- SNCR (engl. *Selective Non Catalytic Reduction*), tehnologija za regulaciju ispušnih plinova koja radi na istom principu kao SCR, samo bez katalizatora,
- pročišćavanje ispušnih plinova vodom, radi uklanjanja SO₂.

3.3.2. Metode procjene emisija iz unutrašnje plovidbe

Na Sliku 12 je prikazan postupak izbora metode za procjenu emisija iz unutrašnje plovidbe.



Slika 12. Dijagram toka za izbor odgovarajuće metode za procjenu emisija iz unutrašnje plovidbe [9]

Osnovni koncept metode procjene emisija iz unutrašnje plovidbe je sljedeći:

- ukoliko su dostupni detaljni podatci, tada ih je potrebno iskoristiti u što većoj mjeri,
- ukoliko je neka kategorija izvora emisija ključan izvor emisija, tada se preporučava koristiti Tier 2 i Tier 3 metode za procjenu emisija.

Metoda Tier 1 – općeniti pristup

Algoritam za izračunavanje emisija pomoću metode Tier 1 je primjenjiv za različite NFR kategorije, a jednadžba je sljedeća:

$$E_i = \sum_m (FC_m \cdot EF_{i,m}), \quad (11)$$

pri čemu je:

E_i - emisija onečišćivača i izražena u kilogramima,

FC_m - masa goriva vrste m prodana u državi u kojoj se odvija unutrašnja plovidba, izražena u tonama,

$EF_{i,m}$ - emisijski faktor onečišćivača i ovisan o potrošnji i o gorivu vrste m , kg/tona,

m - vrsta goriva.

Umnožak $FC_m \cdot EF_{i,m}$ je zbrojen prema četiri vrste goriva kako bi se dobila ukupna emisija iz unutrašnje plovidbe. Za emisijske faktore za metodu Tier 1 se pretpostavlja prosječna tehnologija za cijelu flotu. Kod metode Tier 1 se primjenjuju emisijski faktori za svaki onečišćivač posebno s obzirom na vrstu goriva, a navedeni su u tablicama u Vodiču. Neki emisijski faktori, kao što je npr. SO_2 , ovise i o kvaliteti goriva. Metoda Tier 1 se zaniva na pretpostavci da su prodane količine goriva raspodijeljene prema vrsti goriva, a podatci o prodaji dostupni iz državnih zavoda za statistiku.

Metoda Tier 2 – tehnološki ovisan pristup

Algoritam za izračun emisija pomoću metode Tier 2 uključuje potrošnju goriva raspodijeljenu prema vrsti goriva, kao i kod metode Tier 1 te, uz to, dodatno zahtijeva podatke o potrošnji goriva s obzirom na vrstu goriva i vrstu motora, a jednadžba je sljedeća:

$$E_i = \sum_m (\sum_j FC_{m,j} \cdot EF_{i,m,j}), \quad (12)$$

pri čemu je:

E - godišnja emisija, u tonama,

$FC_{m,j}$ - masa goriva vrste m , potrošena od strane plovila s motorom vrste j , u tonama,

$EF_{i,m,j}$ - prosječni emisijski faktor za onečišćivač i , za plovilo s motorom vrste j , koje koristi gorivo vrste m ,

i - onečišćivač,

j - vrsta motora (motor male, srednje ili velike brzine vrtnje, parna turbina, plinska turbina, Diesellov, Ottov dvotaktni i Ottov četverotaktni),

m - vrsta goriva.

Emisijski faktori za metodu Tier 2 za određenu vrstu goriva su isti kao i emisijski faktori za metodu Tier 1, osim za NO_x , NMVOC i PM, koji su u Vodiču navedeni u tablici.

Kako bi se dobili detaljniji emisijski faktori za NO_x i NMVOC, statistički podatci o pristajanjima u luke bi trebali biti rapodijeljeni prema vrstama motora.

Za procjene emisija je potrebno poduzeti sljedeće korake:

1. prikupljanje državnih statističkih podataka o uplovljavanjima u luke s obzirom na vrstu plovila,
2. računanje ukupne instalirane snage prema vrsti plovila,
3. raspodjela ukupne instalirane snage za svako plovilo prema vrsti motora i goriva,
4. izračun ukupne instalirane snage prema brzini vrtnje motora i vrsti goriva, zbrajajući podatke dobivene pod točkom 3.,
5. pretpostavka da je potrošnja goriva proporcionalna ukupnoj instaliranoj snazi kako bi se statistički podatci o potrošnji goriva dodijelili različitim brzinama vrtnje motora i različitim vrstama goriva,
6. procjena državnih emisija pomoću emisijskih faktora.

Podatci potrebni za provedbu prethodnih koraka su dani u tablicama u Vodiču.

Metoda Tier 3 – metoda koja uzima u obzir kretanje plovila

Kod metoda Tier 1 i Tier 2 za izračun emisija temeljne podatke čine prodajne statistike goriva. Metoda Tier 3 se temelji na podacima o kretanjima plovila. Metoda koja uzima u obzir kretanje plovila se preporučava za upotrebu onda kada su dostupni detaljni podatci o kretanjima plovila te tehnički podatci o plovilima.

Pomoću metode Tier 3, za putnička plovila, emisije iz plovidbe se računaju tako da se zbroje emisije svih putovanja plovila.

Za jedno putovanje, emisije se računaju pomoću sljedeće jednadžbe:

$$E_{Trip} = E_{Hotelling} + E_{Manouvering} + E_{Cruising}, \quad (13)$$

pri čemu je:

E_{Trip} - emisija cijelog putovanja,

$E_{Hotelling}$ - emisija dok je plovilo usidreno,

$E_{Manouvering}$ - emisija prilikom manevriranja,

$E_{Cruising}$ - emisija tijekom krstarenja.

Emisiju koja je potrebna za izradu inventara čini zbroj svih putovanja svih plovila tijekom jedne godine. U praksi se podatci najčešće prikupljaju za reprezentativni uzorak plovila za putovanja tijekom reprezentativnog razdoblja u godini. U tom slučaju se emisije zbrajaju i potom množe da bi se dobila ukupna emisija za sva putovanja i sva plovila tijekom godine.

Kada je poznata potrošnja goriva za svaki dio putovanja, tada se emisija onečišćivača i za cijelo putovanje računa pomoću sljedeće jednadžbe:

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum_p (FC_{j,m,p} \cdot EF_{i,j,m,p}), \quad (14)$$

pri čemu je:

E_{Trip} - emisija tijekom cijelog putovanja, u tonama,

FC - potrošnja goriva, u tonama,

EF - emisijski faktor, kg/tona,

i - onečišćivač (NO_x , NMVOC, PM),

m - vrsta goriva,

j - vrsta motora,

p - različiti dijelovi putovanja (usidreno, manevriranje ili krstarenje).

Emisije ostalih onečišćivača se računaju pomoću metode Tier 1.

Kada potrošnja goriva po dijelovima putovanja nije poznata, tada se preporučava korištenje proračuna koji se temelji na snazi motora plovila i vremenu provedenom u različitim fazama plovidbe.

Jednadžba za ovaj slučaj je sljedeća:

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum_p [T_P \sum_e (P_e \cdot LF_e \cdot EF_{e,i,j,m,p})], \quad (15)$$

pri čemu je:

E_{Trip} - emisija tijekom cijelog putovanja, u tonama,

EF - emisijski faktor, kg/tona,

LF - faktor opterećenja (%),

P - nominalna snaga motora, kW,

T - vrijeme, u satima,

e - kategorija motora (glavni ili pomoćni),

i - onečišćivač (NO_x , NMVOC ili PM),

j - vrsta motora,

m - vrsta goriva,

p - različiti dijelovi putovanja (usidreno, manevriranje ili krstarenje).

Ako nije poznato, vrijeme putovanja se može izračunati pomoću sljedeće formule:

$$T_{\text{Cruising}} = \text{Distance Cruised} / \text{Average Cruising Speed}, \quad (16)$$

pri čemu je:

T_{Cruising} - vrijeme putovanja, u satima,

Distance Cruised - duljina putovanja, km,

$\text{Average Cruising Speed}$ - prosječna brzina putovanja, km/h.

Emisije ostalih onečišćivača se računaju pomoću metode Tier 1.

Za izračun potrošnje goriva i emisija prema vrsti goriva iz malih plovila, koristi se sljedeća jednadžba:

$$E_{i,m} = \sum_b \sum_e \sum_z (N_{b,e,z} \cdot T_{b,e,z} \cdot P_{b,e,z} \cdot LF_{b,e,z} \cdot EF_{b,e,z}), \quad (17)$$

pri čemu je:

E - emisija malih plovila tijekom jedne godine, u tonama,

N - broj plovila, -,

T - prosječno vrijeme rada svakog plovila tijekom jedne godine, sati/plovilo,

P - nominalna snaga motora, kW,

LF - faktor opterećenja motora (%),

EF - emisijski faktor, g/kWh,

b - vrsta plovila,

e - vrsta motora,

i - onečišćivač (NO_x , NH_3 , NMVOC ili PM) ili potrošnja goriva,

m - vrsta goriva,

z - tehnološki stupanj razvoja.

Općenito, ako se proračuni za plovidbu temelje na uzorcima, rezultati se trebaju pomnožiti da se dobiju ukupni godišnji podatci.

4. INVENTAR EMISIJA NCPS ZA REPUBLIKU HRVATSKU

4.1. Prikupljanje podataka za izradu inventara

O dostupnim podacima ovisi kvaliteta procjene emisija. Na temelju dostupnih podataka bira se metoda za procjenu emisija. Ukoliko su podatci detaljniji, koristi se i detaljnija metoda. Nažalost, podatci za Republiku Hrvatsku nisu dovoljno detaljni da bi se koristile metode višeg reda za procjenu emisija te je u svim slučajevima za procjenu emisija korištena metoda Tier 1 koja se temelji na potrošenom gorivu.

4.1.1. Podatci o NCPS

Osnovni podatci za procjenu emisija iz NCPS su podatci o potrošnji goriva za različite kategorije NCPS. Metoda procjene emisija pomoću potrošnje goriva po različitim kategorijama NCPS je najjednostavnija te pruža vrlo općenite procjene zbog širokog spektra različitih vrsta motora koji koriste različite vrste goriva. Međutim, niti takvi podatci trenutno nisu dostupni za Republiku Hrvatsku. Kako bi se u budućnosti mogli raditi inventari emisija za NCPS, u idućem poglavlju će biti opisan prijedlog strukture baze podataka za prikupljanje podataka o novim NCPS stavljenima na tržište RH te prijedlog prikupljanja podataka o NCPS koji su već u upotrebi.

4.1.2. Podatci o željezničkom prometu

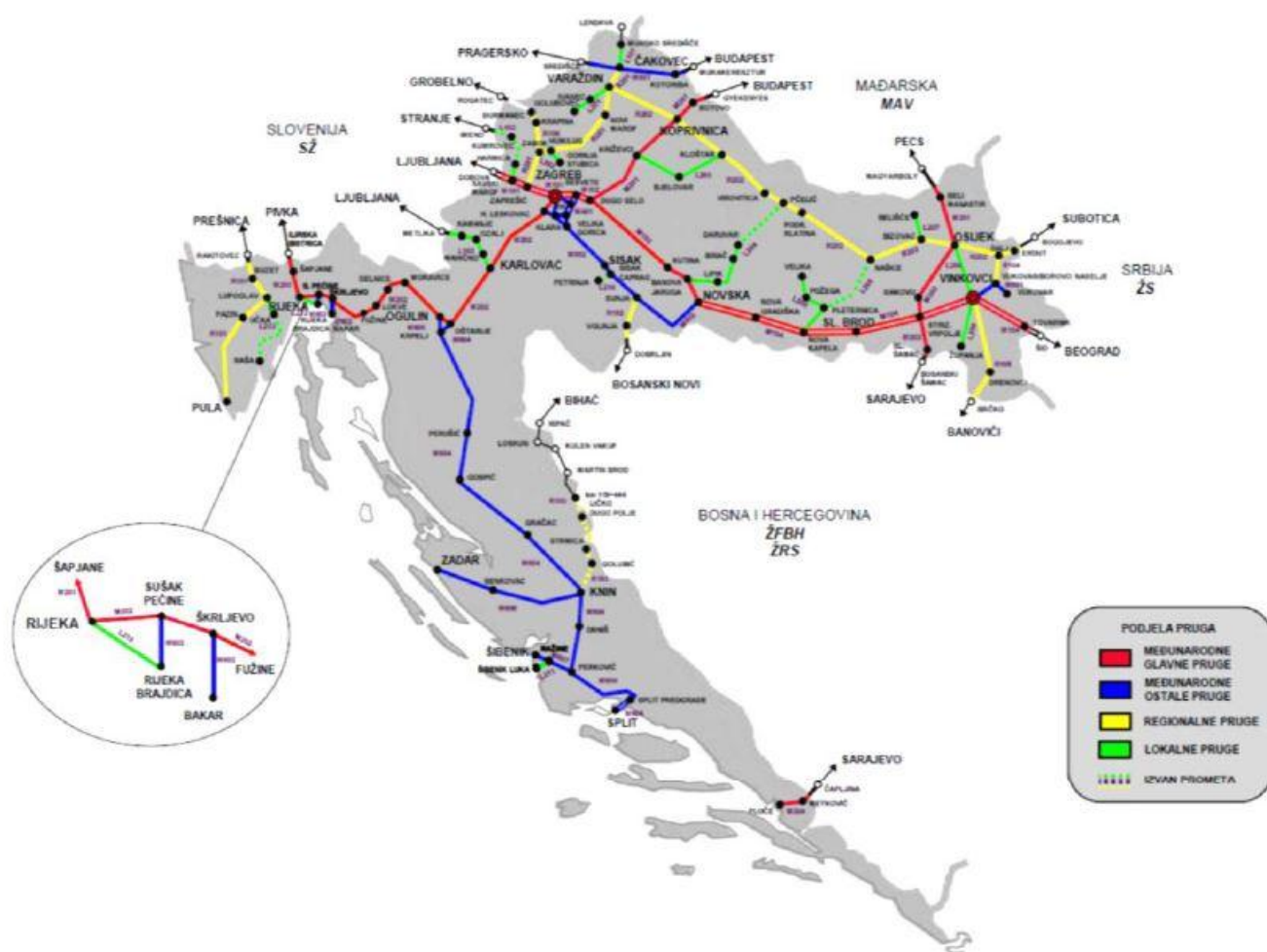
Od svih vrsta prometa željeznički promet ekološki je najprihvatljiviji i održiv na dulji rok. Osim što je najsigurnija vrsta prometa, željeznički promet rasterećuje ceste i smanjuje zagušenja te stavlja težište na važnost korištenja integriranog sustava željeznice i ostalih vrsta prijevoza. U EU, na cestovni promet otpada 72 % emisije ugljikovog dioksida. Na željeznički promet otpada samo 1,6 % emisije, a prevozi 6 % svih putnika i 10,3 % svih tereta. Oko 80 % europskog željezničkog voznog parka koristi električnu energiju. [10]

Infrastruktura u Republici Hrvatskoj se sastoji od 2350 km jednokolosiječne pruge, 254 km dvokolosiječne pruge i 970 km električne pruge, što je prikazano u Tablica 13.

Tablica 13. Pregled građevinskih duljina pruga [11]

Značaj pruge	Građevinska dužina mreže (km)			Uk. dužina kol. otvorene pruge	Dužina kolosijeka u uporabi
	ukupna dužina	jednokolosij-ečne pruge	dvokolosij-ečne pruge		
Stanje na dan 31. 12. 2014.	2 604,359	2 350,489	253,870	2 858,229	2 645,475
za međunarodni promet (M)	1 459,512	1 205,642	253,870	1 713,382	1 713,382
za regionalni promet (R)	626,373	626,373	-	626,373	568,517
za lokalni promet (L)	518,474	518,474	-	518,474	363,576
Stanje na dan 31. 12. 2015.	2 604,359	2 350,489	253,870	2 858,229	2 661,890
za međunarodni promet (M)	1 459,512	1 205,642	253,870	1 713,382	1 713,382
za regionalni promet (R)	626,373	626,373	-	626,373	568,517
za lokalni promet (L)	518,474	518,474	-	518,474	379,991

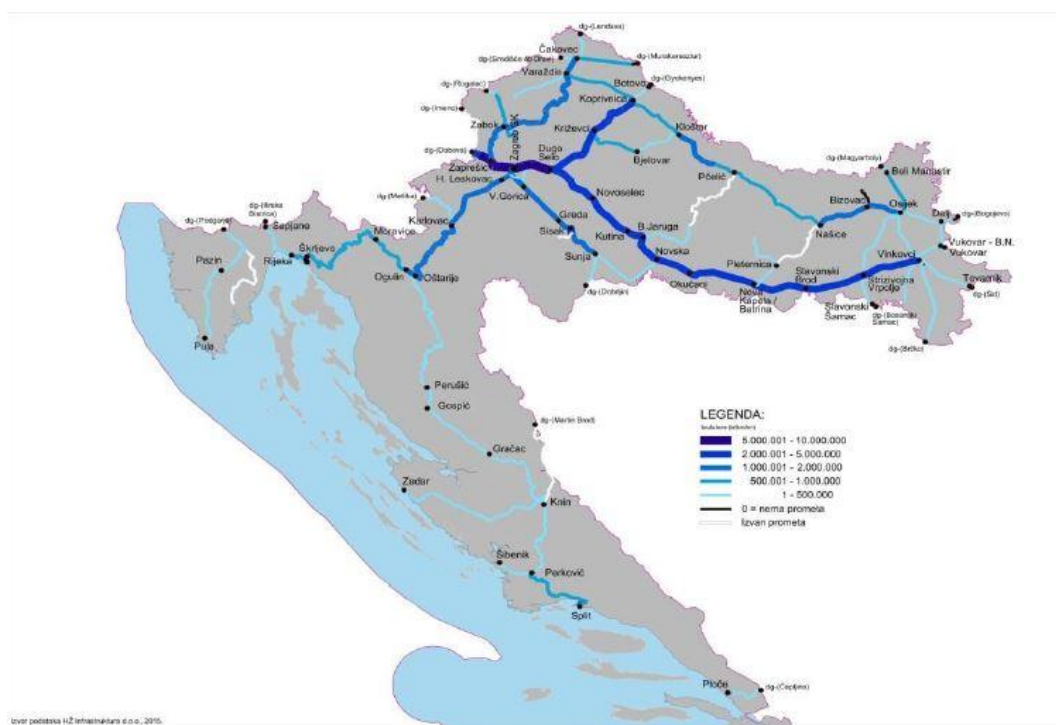
Na Slika 13 je prikazan grafički pregled pruga u Republici Hrvatskoj, a na Slika 14 i Slika 15 ostvareni brutotonski promet teretnih vlakova i brutotonski putnički promet po prugama od 1. do 12. mjeseca 2014. godine.



Slika 13. Pregled pruga u RH [11]

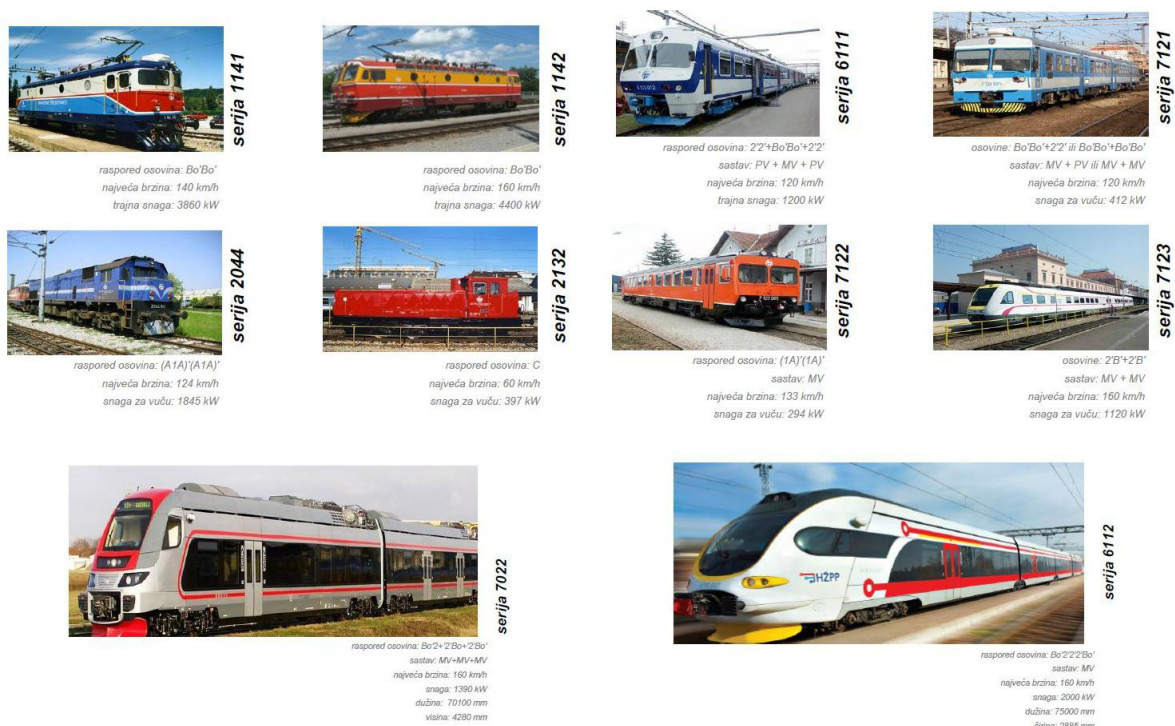


Slika 14. Ostvaren brutotonski promet teretnih vlakova po prugama u 2014. godini [11]



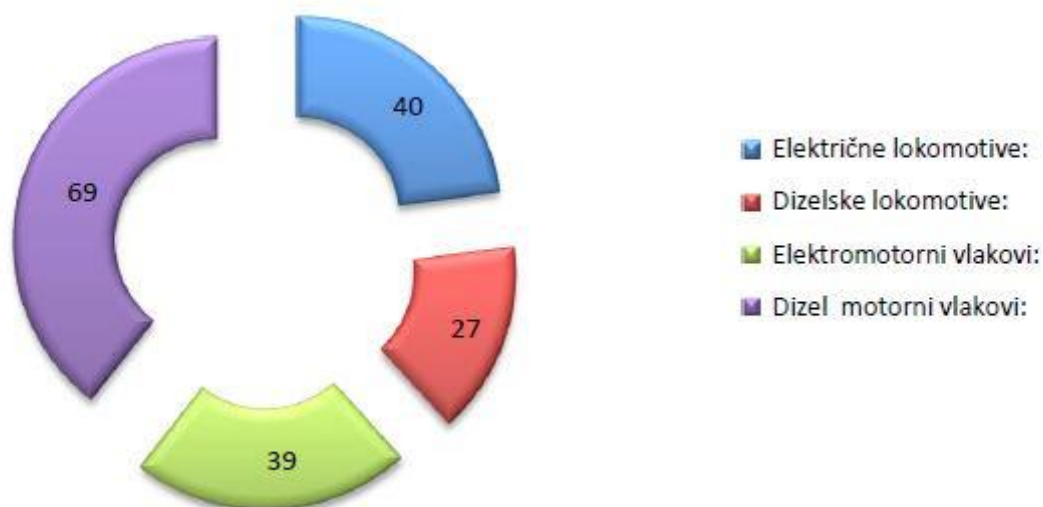
Slika 15. Ostvaren brutotonski putnički promet po prugama u 2014. godini [11]

U RH su u upotrebi serije lokomotiva i motornih vlakova prikazani na Slika 16.



Slika 16. Serije lokomotiva i motornih vlakova u upotrebi u RH [11]

Na Slika 17 je prikazana struktura aktivnih lokomotiva i motornih vlakova s kraja 2015. godine. S obzirom na to da električne lokomotive i elektromotorni vlakovi nisu predmet razmatranja u ovom tekstu jer svojim radom ne utječu izravno na emisije u okoliš, ostaje ukupno 27 dizelskih lokomotiva i 69 dizel motornih vlakova u željezničkom prometu u RH koji emitiraju emisije u okoliš.



Slika 17. Struktura aktivnih lokomotiva i motornih vlakova na dan 31.12.2015. godine [11]

Kako bi se što točnije mogle izračunati emisije, potrebni su detaljni podatci o željezničkom prometu. Podatci koji su objavljeni u statističkim izvješćima HŽ Putničkog Prijevoza nisu dovoljno detaljni jer prikazuju samo podatke o brutotonskim kilometrima² vučnih vozila.

U Tablica 14 i Tablica 15 su prikazani podatci o ostvarenim kilometrima i brutotonskim kilometrima vučnih vozila za 2014. i 2015. godinu. U obzir se uzimaju samo podatci za dizelsku vuču.

² Brutotonski kilometar je mjerna jedinica koja izražava kretanje na udaljenosti od jednog kilometra jedne tone vozila i sadržaja isključujući masu vučnog vozila. Uključena je masa motornih kola.[12]

Tablica 14. Ostvareni kilometri i brutotonski kilometri vučnih vozila za 2014. godinu [12]

	VLAK KILOMETRI (tisuće)	Zaprega i potiskivanje (tisuće)	Manevar lokomotivom		BRUTOTONSKI KILOMETRI (milioni)
			voznom (tisuće)	zasebnom (tisuće)	
Ukupno za 2014.	15 129	274	105	390	2 273
Električna vuča	7 674	94	-	-	1 483
električne lokomotive	5 293	94	-	-	1 063
serije 1141	3 127	2	-	-	500
serije 1142	2 166	92	-	-	563
EMV	2 381	-	-	-	420
serije 8111	2 097	-	-	-	376
serije 8112	284	-	-	-	44
Dizelska vuča	7 455	180	105	390	790
dizelske lokomotive	1 684	-	105	390	354
serije 2044	1 684	-	-	1	354
serije 2132	-	-	105	389	-
DMV	5 771	180	-	-	436
serija 7022	135	-	-	-	22
serije 7121	3 219	59	-	-	280
serije 7122	2 126	121	-	-	102
serije 7123	291	-	-	-	32

Tablica 15. Ostvareni kilometri i brutotonski kilometri vučnih vozila za 2015. godinu [11]

	VLAK KILOMETRI (tisuće)	Zaprega i potiskivanje (tisuće)	Manevar lokomotivom		BRUTOTONSKI KILOMETRI (milioni)
			voznom (tisuće)	zasebnom (tisuće)	
Ukupno za 2015.	14 883	221	77	370	2 224
Električna vuča	7 842	19	-	-	1 516
električne lokomotive	5 035	19	-	-	1 031
serije 1141	2 837	2	-	-	468
serije 1142	2 198	17	-	-	563
EMV	2 807	-	-	-	485
serije 6111	1 818	-	-	-	335
serije 6112	989	-	-	-	150
Dizelska vuča	7 041	202	77	370	708
dizelske lokomotive	1 187	-	77	370	255
serije 2044	1 187	-	-	-	255
serije 2132	-	-	77	370	-
DMV	5 854	202	-	-	453
serija 7022	93	-	-	-	14
serije 7121	3 049	53	-	-	225
serije 7122	2 029	149	-	-	144
serije 7123	683	-	-	-	70

S obzirom da su podatci dani u brutotonskim kilometrima, bit će ih potrebno preračunati u potrošnju goriva.

4.1.3. Podatci o unutrašnjoj plovidbi

Pod pojmom plovnog puta podrazumijeva se pojas na unutrašnjim vodama određene dubine, širine propisanih gabarita, koji je uređen, obilježen i otvoren za sigurnu plovidbu. Promet unutrašnjim vodama u usporedbi s cestovnim i željezničkim prometom sporiji je, prostorno ograničen, ponekad i onemogućen niskim vodostajem ili ledom. No ima veću prijevoznu sposobnost, jeftiniji je i energetski učinkovitiji, sigurniji, manje utječe na okoliš, a u državama s opterećenom cestovnom mrežom omogućuje njezino rasterećenje. Ukupna duljina unutrašnjih vodnih putova u Republici Hrvatskoj od 1016,80 km i povoljan zemljopisni položaj s obzirom na Europu predstavlja značajan potencijal, budući su unutrašnji vodni putovi najisplativiji i siguran način prijevoza u usporedbi s drugim vrstama. Međutim, zbog različitih uvjeta plovidbe, tehničke zastarjelosti i podkapacitiranosti, hrvatski sustav luka na unutrašnjim plovnim putovima nedovoljno je iskorišten.

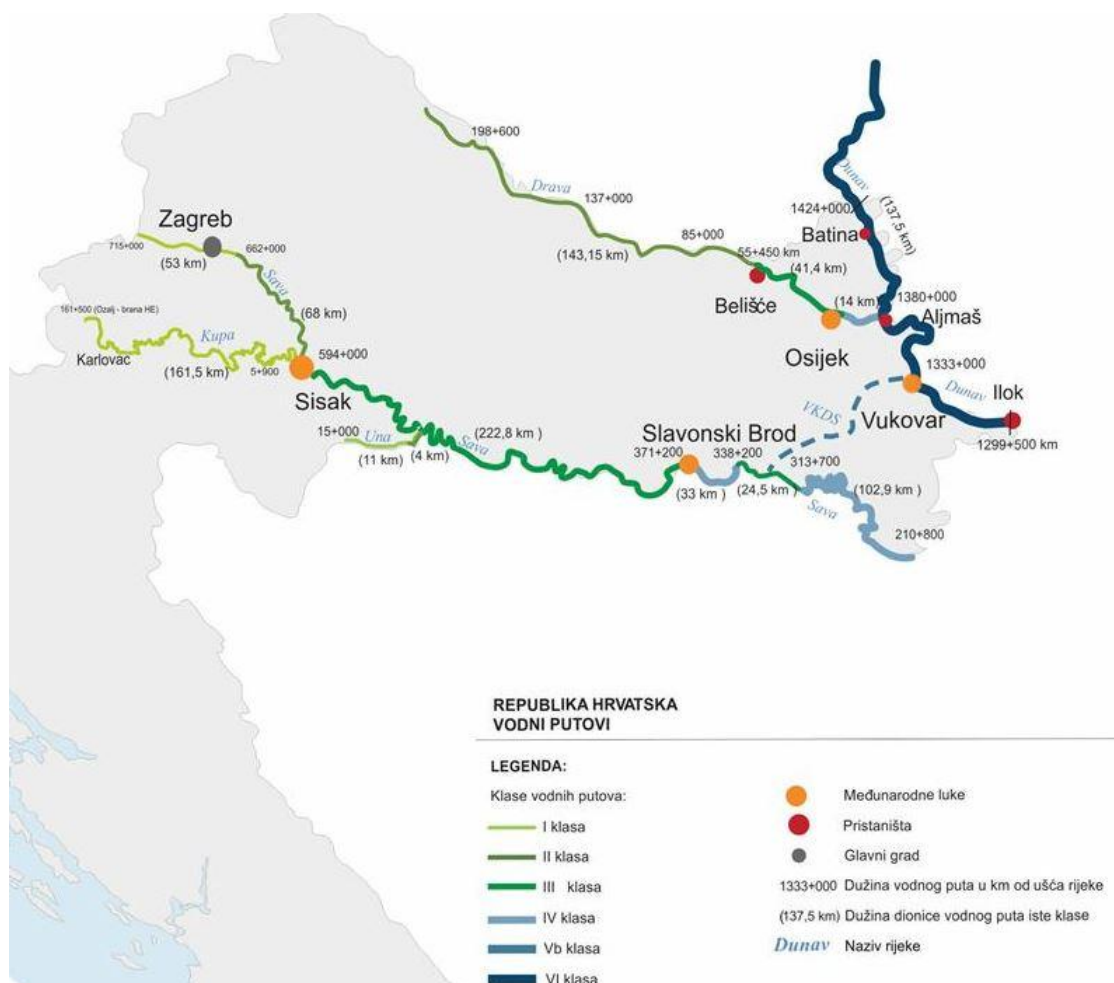
Mrežu plovnih putova na unutrašnjim vodama u Hrvatskoj čine prirodni tokovi rijeke Dunava u duljini 137,5 km, rijeke Save 446 km, rijeke Drave 198,6 km i rijeke Kupe 5 km. Od ukupne duljine vodnih putova u Hrvatskoj, 601,2 km je uvršteno u mrežu europskih vodnih putova od međunarodnog značaja. Međutim, samo 287,4 km udovoljava uvjetima klasifikacije za međunarodnu plovidbu. [13]

Tablica 16. Vodni putovi u Republici Hrvatskoj uvršteni u mrežu europskih vodnih putova po AGN³-u [14]

Oznaka v. puta	Vodni put – dionica	Potrebna klasa prema AGN-u	Duljina km
E 80	rijeka Dunav od Batine do Iloka	VI c	137,5
E 80-08	rijeka Drava do Osijeka	IV	22,0
E 80-10	budući višenamjenski kanal Dunav-Sava od Vukovara do Šamca	V b	61,5
E 80-12	rijeka Sava od Račinovaca do Siska,	IV	380,2
Ukupna duljina međunarodni po AGN:			601,2

³ Europski ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značaja (engl. *European Agreement on Main Inland Waterways of International Importance*)

Na Slika 18 su grafički prikazani vodni putovi u RH.



Slika 18. Vodni putovi u Republici Hrvatskoj [13]

Kako bi se što točnije mogle izračunati emisije, potrebni su detaljni podatci o unutrašnjoj plovidbi. Međutim, podatci o unutrašnjoj plovidbi za RH koji se mogu naći na stranicama Državnog zavoda za statistiku nisu detaljni, a uključuju samo podatke o količini prevezene robe i ostvarenim tonskim kilometrima⁴ na unutrašnjim vodnim putovima. Podatci se odnose na prijevoz robe plovilima domaće i strane zastave. Za izračun tonskih kilometara uzima se u obzir prijeđena udaljenost unutar granica Republike Hrvatske. U Tablica 17 su prikazani

⁴ Tonski kilometar (tkm) je mjerna jedinica koja izražava prijevoz jedne tone robe na udaljenosti od jednoga kilometra

podatci o prijevozu robe na unutrašnjim vodnim putovima od 2005. do 2014. godine. U Tablica 18 su prikazani podatci za 2015. godinu.

Tablica 17. Prijevoz robe na unutrašnjim vodnim putovima od 2005. do 2014. godine [11]

	Prijevoz robe Transport of goods							
	ukupno ¹⁾ Total ¹⁾		unutarnji National		međunarodni International		tranzit Transit	
	tis. t '000 t	mil. tkm Mln tkm	tis. t '000 t	mil. tkm Mln tkm	tis. t '000 t	mil. tkm Mln tkm	tis. t '000 t	mil. tkm Mln tkm
2005.	1 446	119	195	39	1 251	79
2006.	1 509	117	189	39	1 320	78
2007.	1 468	109	163	31	1 305	78
2008.	6 415	843	141	31	739	48	5 535	764
2009.	5 381	727	127	28	406	30	4 848	669
2010.	6 928	941	145	29	370	27	6 413	885
2011.	5 184	692	91	19	411	27	4 682	646
2012.	5 934	772	50	11	596	31	5 288	730
2013.	5 823	771	42	9	535	38	5 246	724
2014.	5 377	716	51	11	441	30	4 886	674

1) Od 2008. uključen je tranzit.

Tablica 18. Prijevoz robe na unutrašnjim vodnim putovima u 2015. godini [16]

	2015		
	I-IV		
	Ukupno	Unutarnji prijevoz	Međunarodni prijevoz
	Tkm, tis.	Tkm, tis.	Tkm, tis.
UKUPNO	40.341	11.337	29.004

Pod pojmom roba u Tablica 17 i Tablica 18 se podrazumijeva svaka roba koja se prevozi na unutrašnjim plovnim putovima. Unutarnji prijevoz obuhvaća prijevoz robe obavljen između dviju domaćih luka. Međunarodni prijevoz obuhvaća prijevoz robe između luke utovara u RH i luke istovara u inozemstvu i obrnuto, bez obzira na zemlju registracije plovila. Tranzit je prijevoz na unutrašnjim vodnim putovima kroz teritorij RH između dvaju mjesta koja se nalaze u drugim državama. Za izračun tonskih kilometara uzima se u obzir prijeđena udaljenost unutar granica RH.

S obzirom da su podatci dani u tonskim kilometrima, bit će ih potrebno preračunati u potrošnju goriva.

4.2. Računanje emisija

Emisije su izračunate u programskom paketu „*Microsoft Office Excel 2007*“ koristeći jednadžbe za procjenu emisija iz Poglavlja 3 ovog rada. Podatci o tonskim i brutotonskim kilometrima su preračunati u potrošnju goriva jer se osnovne jednadžbe za procjenu emisija temelje na potrošnji goriva.

4.2.1. Emisije iz željezničkog prometa

Emisije iz željezničkog prometa se računaju na temelju dostupnih podataka. Za izračun emisija pomoću najopćenitije metode, metode Tier 1 za izračun emisija iz željezničkog prometa, potrebni su podatci o masi goriva prodanoj u državi u kojoj se odvija željeznički promet te o vrsti goriva. S obzirom da su dostupni podatci samo o ostvarenim brutotonskim kilometrima, potrebno je preračunati brutotonske kilometre u potrošeno gorivo.

Za preračunavanje brutotonskih kilometara u potrošeno gorivo se koristi korelacija u iznosu od 10g dizelskog goriva po jednom brutotonskom kilometru, preuzeta iz literature. [17]

Također, zbog nedostupnosti podataka o vrstama potrošenog goriva, pretpostavka je da je ukupno potrošeno gorivo dizelsko gorivo.

Emisije se računaju pomoću jednadžbe (7).

Emisija SO_2 se računa pomoću jednadžbe (8), uz pretpostavku da je udio sumpora u dizelskom gorivu 0,005 % mase.

Podatci o emisijama za 2014. i 2015. godinu su prikazani u Tablica 19 i Tablica 20.

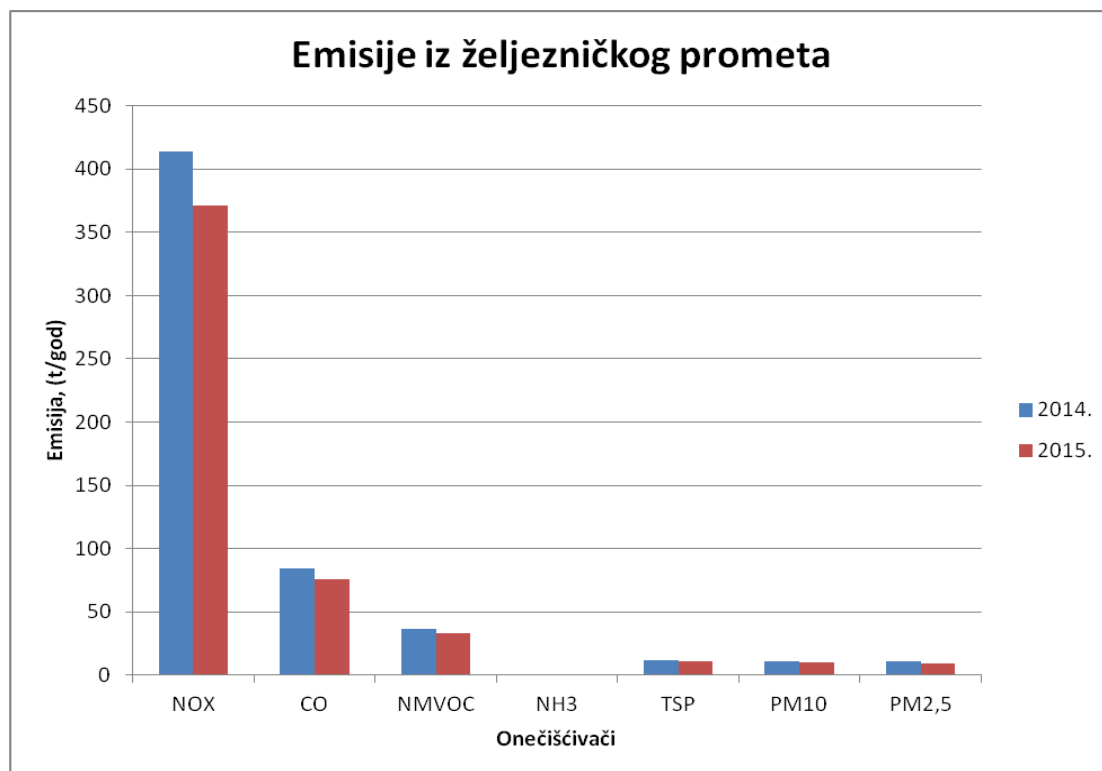
Na Slika 19 je prikazan dijagram emisija iz željezničkog prometa za RH iz kojeg se može vidjeti da je količina emisija u 2015. godini manja nego u 2014. godini.

Tablica 19. Emisije iz željezničkog prometa za 2014. i 2015. godinu

Emisija							
(t/god)							
Godina	NO _x	CO	NMVOC	NH ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
2014.	413,96	84,53	36,735	0,0553	12,008	11,376	10,823
2015.	370,992	75,756	32,922	0,04956	10,7616	10,1952	9,6996

Tablica 20. Emisija SO₂ iz željezničkog prometa za 2014. i 2015. godinu

Emisija	
(t/god)	
Godina	SO ₂
2014.	0,00079
2015.	0,000708



Slika 19. Dijagram emisija iz željezničkog prometa za RH

4.2.2. Emisije iz unutrašnje plovidbe

Emisije iz unutrašnje plovidbe se računaju na temelju dostupnih podataka. Za izračun emisija pomoću najopćenitije metode, metode Tier 1 za izračun emisija iz unutrašnje plovidbe, potrebni su podatci o masi goriva prodanoj u državi u kojoj se odvija unutrašnja plovidba te o vrsti goriva. S obzirom da su dostupni podatci samo o ostvarenim tonskim kilometrima na unutrašnjim vodnim putovima, potrebno je preračunati tonske kilometre u potrošeno gorivo.

Za preračunavanje tonskih kilometara u potrošeno gorivo se koristi korelacija u iznosu od 9,1g dizelskog goriva po jednom tonskom kilometru, preuzeta iz literature. [18]

Također, zbog nedostupnosti podataka o vrstama potrošenog goriva, pretpostavka je da je ukupno potrošeno gorivo dizelsko gorivo.

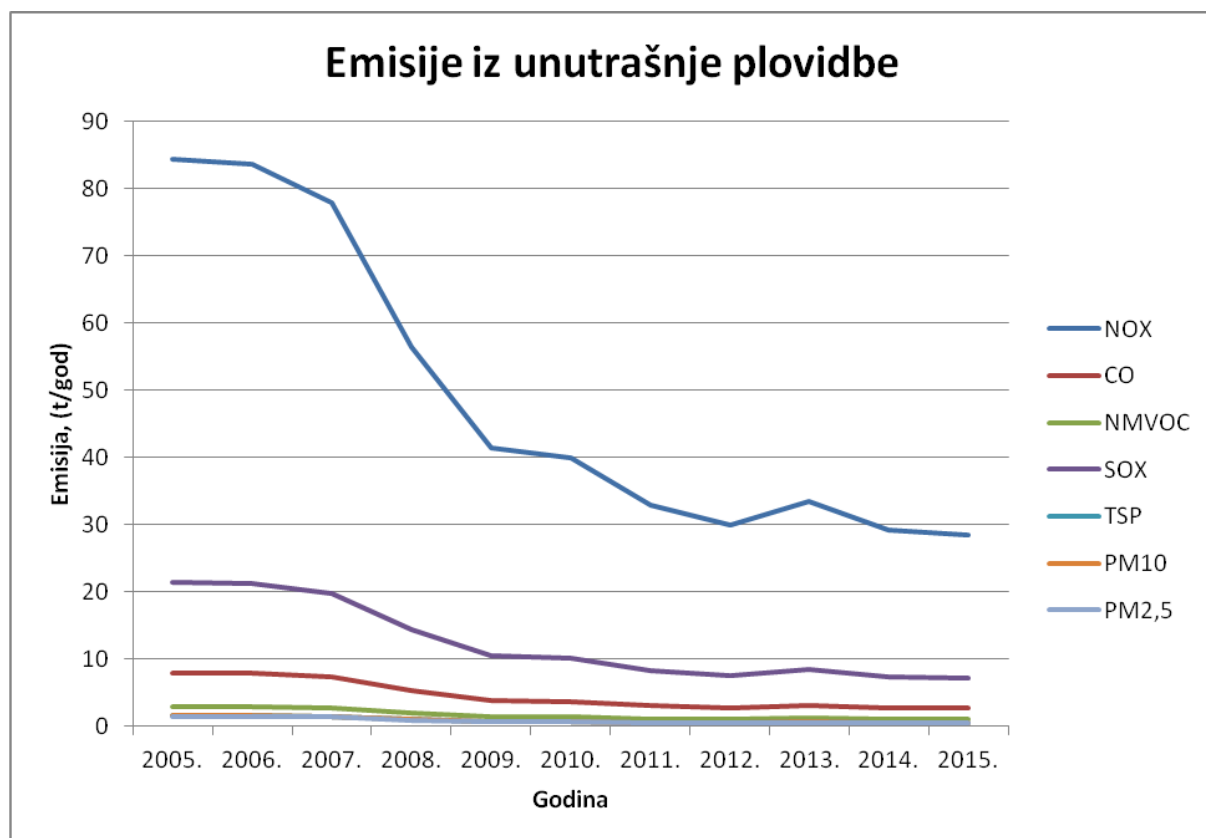
Emisije se računaju pomoću jednadžbe (11).

Podatci o emisijama su prikazani u Tablica 21.

Na Slika 20 je prikazan dijagram emisija iz unutrašnje plovidbe za RH iz kojeg je jasno vidljiv trend smanjenja emisija u posljednjih 11 godina.

Tablica 21. Emisije iz unutrašnje plovidbe od 2005. do 2015. godine

Emisija							
(t/god)							
Godina	NO _x	CO	NMVOC	SO _x	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
2005.	84,2933	7,94612	3,00664	21,476	1,6107	1,6107	1,50332
2006.	83,57895	7,87878	2,98116	21,294	1,59705	1,59705	1,49058
2007.	77,86415	7,34006	2,77732	19,838	1,48785	1,48785	1,38866
2008.	56,43365	5,31986	2,01292	14,378	1,07835	1,07835	1,00646
2009.	41,4323	3,90572	1,47784	10,556	0,7917	0,7917	0,73892
2010.	40,0036	3,77104	1,42688	10,192	0,7644	0,7644	0,71344
2011.	32,8601	3,09764	1,17208	8,372	0,6279	0,6279	0,58604
2012.	30,0027	2,82828	1,07016	7,644	0,5733	0,5733	0,53508
2013.	33,57445	3,16498	1,19756	8,554	0,64155	0,64155	0,59878
2014.	29,28835	2,76094	1,04468	7,462	0,55965	0,55965	0,52234
2015.	28,574	2,6936	1,0192	7,28	0,546	0,546	0,5096



Slika 20. Dijagram emisija iz unutrašnje plovidbe za RH

5. PRIJEDLOG STRUKTURE BAZE PODATAKA O NOVIM NCPS STAVLJENIMA NA TRŽIŠTE REPUBLIKE HRVATSKE

S obzirom na to da su za procjenu emisija potrebni podatci o izvorima emisija koje je teško prikupiti ili su uopće nedostupni zbog velikog broja različitih NCPS, u ovom poglavlju će biti predstavljen prijedlog strukture baze podataka o novim NCPS stavljenima na tržište RH te prijedlog prikupljanja podataka o NCPS koji su već u upotrebi. Podatci iz baze bi bili temelj za izradu inventara emisija NCPS u RH. Procjene emisija se uglavnom temelje na potrošnji goriva. Međutim, i podatci o potrošnji goriva su rijetko raspodijeljeni u određene kategorije te je komlicirano razlučiti potrošnju goriva po kategorijama. Za točnije procjene emisija postoji cijeli niz dodatnih faktora o kojima ovisi emisija, od kojih se neki temelje na procjenama, a neki od podataka bi se mogli dobiti od proizvođača ili uvoznika prilikom stavljanja strojeva na tržište.

Podatci potrebni za procjenu emisija koji bi se nalazili u bazi podataka novih NCPS koji se stavljaju na tržište i starih NCPS koji su već u upotrebi temeljeni su na jednadžbama iz prethodnih poglavlja pomoću kojih se računaju procjene emisija.

Prijedlozi strukture baze podataka su prikazani u tablicama posebno za NCPS, željezničke strojeve i plovila.

Baza podataka za nove NCPS koji se stavljaju na tržište*Tablica 22. Tablica za bazu podataka o novim NCPS koji se stavljaju na tržište*

Identifikacijski broj	Vrsta stroja	Proizvođač	Tip	Kategorija	Radni volumen
Snaga	Gorivo	Količina	Godišnji broj radnih sati*	Vrsta tehnologije**	Godište**

* procjena

** za starije NCPS

Objašnjenje:

- **Identifikacijski broj:** broj prema vrsti stroja,
- **Vrsta stroja:** vrsta stroja koji se stavlja na tržište,
- **Proizvođač:** naziv proizvođača,
- **Tip:** tip stroja,
- **Kategorija:** kategorija stroja prema NFR nomenklaturi (industrija, poljoprivreda i šumarstvo, kopnena vojska, kućanstvo i vrtlarstvo),
- **Radni volumen:** radni volumen motora,
- **Snaga:** efektivna snaga motora,
- **Gorivo:** vrsta goriva koje stroj koristi,
- **Količina:** količina strojeva koja se stavlja na tržište,
- **Godišnji broj radnih sati:** procjena godišnjeg broja radnih sati,
- **Vrsta tehnologije:** tehnologija koju stroj koristi (<1981., 1981.-1990., 1991.-Stupanj I, Stupanj II, Stupanj IIIA),
- **Godište:** godina proizvodnje stroja.

Baza podataka za nova pružna vozila koja se stavljaju na tržište*Tablica 23. Tablica za bazu podataka o novim pružnim vozilima koja se stavljaju na tržište*

Identifikacijski broj	Vrsta stroja	Proizvođač	Tip	Kategorija	Namjena
Snaga	Gorivo	Potrošnja goriva	Količina	Godišnji broj radnih sati*	Godište**

* procjena

** za starija pružna vozila

Objašnjenje:

- **Identifikacijski broj:** broj prema vrsti stroja,
- **Vrsta stroja:** vrsta stroja koji se stavlja na tržište,
- **Proizvođač:** naziv proizvođača,
- **Tip:** tip lokomotive,
- **Kategorija:** kategorija prema vrsti lokomotive (manevarska, teretna, motorni vlak),
- **Namjena:** namjena lokomotive (prijevoz tereta, međugradski promet, regionalni promet),
- **Snaga:** efektivna snaga motora,
- **Gorivo:** vrsta goriva koje lokomotiva koristi,
- **Potrošnja goriva:** prosječna potrošnja goriva,
- **Količina:** količina strojeva koja se stavlja na tržište,
- **Godišnji broj radnih sati:** procjena godišnjeg broja radnih sati,
- **Godište:** godina proizvodnje.

Baza podataka za nova plovila koja se stavljaju na tržište*Tablica 24. Tablica za bazu podataka o novim plovilima koja se stavljaju na tržište*

Identifikacijski broj	Vrsta plovila	Proizvođač	Tip	Vrsta motora	Snaga	Gorivo
Potrošnja goriva	Količina	Godišnji broj radnih sati*	Vrsta tehnologije**	Godište**		

* procjena

** za plovila koja su već u upotrebi

Objašnjenje:

- **Identifikacijski broj:** broj prema vrsti plovila,
- **Vrsta plovila:** vrsta plovila koja se stavlja na tržište,
- **Proizvođač:** naziv proizvođača,
- **Tip:** tip plovila,
- **Vrsta motora:** vrsta motora prema brzini vrtnje: male brzine vrtnje (do 300 °/min), srednje brzine vrtnje (300-900 °/min), velike brzine vrtnje (preko 900 °/min),
- **Snaga:** efektivna snaga motora,
- **Gorivo:** vrsta goriva koje plovilo koristi,
- **Potrošnja goriva:** prosječna potrošnja goriva,
- **Količina:** količina plovila koja se stavlja na tržište,
- **Godišnji broj radnih sati:** procjena godišnjeg broja radnih sati,
- **Vrsta tehnologije:** tehnologija koju stroj koristi (<1981., 1981.-1990., 1991.-Stupanj I, Stupanj II, Stupanj IIIA),
- **Godište:** godina proizvodnje.

Za izračune emisija su potrebni još i razni ostali podaci. Bitan podatak na kojemu se temelji većina procjena emisija je podatak o potrošnji goriva. Međutim, većina izvješća o potrošnji goriva nije dovoljno detaljna jer se podaci o potrošnji goriva NCPS uglavnom ne prikupljaju i ne objavljuju. Za procjene emisija, izvješća o potrošnji goriva bi trebala biti raspodijeljena prema kategorijama NCPS, što u većini slučajeva nije tako. Prijedlog je da se statistike o potrošnji goriva podijele prema kategorijama NCPS kako bi se u budućnosti ti podaci mogli koristiti za izradu inventara emisija.

Za plovila su još bitni podaci o dijelovima putovanja (usidren, manevriranje ili krstarenje) i o vremenu provedenom na različitim dijelovima putovanja, koji bi se mogli dobiti iz zabilješki tijekom putovanja, a u svrhu još detaljnije procjene emisija.

Podatci o količini uvezenih NCPS prema godinama uvoza mogu se dobiti od Hrvatske Gospodarske Komore. Međutim, bez podataka o potrošnji goriva, radnom volumenu motora, snazi motora i godišnjem broju radnih sati, nisu iskoristivi za procjenu emisija. Također, uveženim strojevima bi trebalo pridodati i strojeve koji su već u upotrebi da bi se dobio podatak o ukupnim emisijama iz NCPS. Okvirni podaci o širokom spektru NCPS koji su već u upotrebi bi se mogli dobiti istraživanjima i provedbom anketa na terenu na način da se ispita reprezentativan broj korisnika.

Podatci kao što su emisijski faktori, faktori opterećenja, faktori isparavanja, osnovni emisijski faktori i faktori zastarijevanja mogu se naći u Vodiču za izradu inventara.

6. ZAKLJUČAK

Emisije iz NCPS čine bitan udio u ukupnoj emisiji u pojedinim državama, poglavito u lokalnim sredinama gdje je veća koncentracija NCPS, kao npr. na gradilištima. U svrhu prikupljanja podataka o emisijama rade se inventari emisija. Inventari emisija su bitni kako bi se pomoću podataka o emisijama moglo utjecati na njihovo smanjenje.

S ciljem smanjenja emisija, Europski Parlament je usvojio direktivu 97/68/EC o graničnim vrijednostima emisija za motore koji se koriste u necestovnim pokretnim strojevima. Tijekom godina ova je direktiva proširivana amandmanima kojima je uključen širi spektar NCPS, a plan je da se u budućnosti Direktiva 97/68/EC i svi njezini amandmani zamijene regulativom kojom će biti obuhvaćeni emisijski zahtjevi za sve kategorije cestovnih strojeva s motorima s kompresijskim paljenjem kao i s motorima s vanjskim izvorom paljenja. Ove regulative vrijede za NCPS u Europskoj Uniji, međutim, i neke druge države izvan EU granične vrijednosti emisija temelje na europskim regulativama.

Europska agencija za zaštitu okoliša je izdala Vodič za izradu inventara emisija onečišćenja zraka, koji se redovito potkrepljuje novim informacijama. Vodič je osmišljen kako bi se olakšalo izvještavanje o emisijama preko inventara emisija država članica konvencije LRTAP. U Vodiču su NCPS raspodijeljeni u različite kategorije, dani su bitni podatci za izradu inventara emisija i predložene su metode za procjenu emisija iz NCPS.

Temelj za procjenu emisija iz NCPS je dostupnost podataka o izvorima emisija. Nažalost, podatci za Republiku Hrvatsku nisu dovoljno detaljni da bi se koristile detaljnije metode za procjenu emisija te je stoga za RH korištena osnovna metoda za procjenu emisija koja se temelji na potrošenom gorivu.

Za procjenu emisija u željezničkom prometu u RH, u nedostatku detaljnijih podataka, iskorišteni su podatci o brutotonskim kilometrima za 2014. i 2015. godinu, koji su potom preračunati u potrošnju goriva kako bi se mogle izračunati emisije. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da su emisije iz željezničkog prometa u 2015. godini manje nego u 2014. godini. Razlog tome je smanjenje brutotonskih kilometara zbog zastarjele infrastrukture, smanjenja brzine vožnje čime je smanjen i broj putnika i voznih linija, konkurentnosti cestovnog prijevoza, kao i sveukupno stanje u željezničkom prometu u Republici Hrvatskoj. S ciljem

povećanja točnosti podataka za procjenu emisija iz željezničkog prometa u trenutku deregulacije usluga, tj. s dozvolom da dio prometa preuzmu privatne tvrtke, država bi morala inzistirati na detaljnijem izvještavanju o prijašnjem putu, načinu rada korištenih lokomotiva i na svim ostalim podacima potrebnima za izradu inventara.

Za procjenu emisija iz unutrašnje plovidbe, također zbog nedostatka detaljnijih podataka, iskorišteni su podaci o ostvarenim tonskim kilometrima koji su preračunati u potrošeno gorivo kako bi se mogle izračunati emisije pomoću osnovne metode za procjenu emisija iz unutrašnje plovidbe. Emisije iz unutrašnje plovidbe su izračunate za razdoblje od 2005. do 2015. godine. Iz izračunatih podataka je vidljiv trend smanjenja emisija, s naglim padom 2008. godine te malim povećanjem 2013. godine.

S obzirom na nedostupnost podataka, emisije iz NCPS nisu izračunate. Međutim, predložena je struktura baze podataka o novim NCPS koji se stavljanju na tržište RH te je također predložen način prikupljanja podataka o strojevima koji su već u upotrebi kako bi se u budućnosti mogli izraditi detaljni inventari za NCPS za Republiku Hrvatsku.

LITERATURA

- [1] London's „Low Emission Zone“ for non-road mobile machinery, <https://nrmm.london/>.
Pristupljeno: travanj 2016.
- [2] Metrovancouver, <http://www.metrovancouver.org/services/air-quality/emissions-monitoring/emissions/emission-inventories/Pages/default.aspx>.
Pristupljeno: travanj 2016.
- [3] Direktiva 97/68/EZ Europskog Parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 1997. godine,
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A31997L0068>.
Pristupljeno: travanj 2016.
- [4] Eminox: Emission Control Solutions, <http://www.eminox.com/europe-non-road-emissions-regulations/>.
Pristupljeno: travanj 2016.
- [5] DieselNet, <https://www.dieselnets.com/standards/eu/nonroad.php>.
Pristupljeno: travanj 2016.
- [6] Rexroth Bosch Group, <https://www.boschrexroth.com/en/xc/trends-and-topics/energy-efficiency/mobile-applications/emissions-regulations/index>.
Pristupljeno: svibanj 2016.
- [7] Tinus Pulles & Justin Goodwin Guidebook Revision Elements for a Maintenance Plan Consultants view, <http://slideplayer.com/slide/9173483/>.
Pristupljeno: lipanj 2016.
- [8] UNECE, Environmental Policy, Conventions and Protocols,
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2015/AIR/EB/CLRTAP_Structure_May_2015.pdf.
Pristupljeno: lipanj 2016.
- [9] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook> i <http://www.tfeip-secretariat.org/guidebook-updates-2/>.
Pristupljeno: svibanj 2016.
- [10] HŽ Putnički Prijevoz, Ekologija,
<http://www.hzpp.hr/ekologija?m=407&mp=325&r=294>.
Pristupljeno: lipanj 2016.
- [11] HŽ Putnički Prijevoz, Statistika za 2015.,
<http://www.hzpp.hr/Media/Default/Documents/Tvrtka/Izvje%C5%A1%C4%87a/2015/STATISTIKA%20ZA%202015.pdf>.
Pristupljeno: lipanj 2016.

-
- [12] HŽ Putnički Prijevoz, Statistika za 2015.,
<http://www.hzpp.hr/Media/Default/Documents/Tvrtka/Izvje%C5%A1%C4%87a/2014/STATISTIKA%20ZA%202014.pdf>. Pristupljeno: lipanj 2016.
- [13] Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture,
http://www.mppi.hr/UserDocsImages/1%20wKarta%20novi%20razvrstaj_ocisceno.jpg.
Pristupljeno: lipanj 2016.
- [14] Hrvatsko Zakonodavstvo, Propisi, <http://zakon.poslovna.hr/public/europski-ugovor-o-glavnim-unutarnjim-plovnim-putovima-od-medunarodnog-znacaja/242622/zakoni.aspx>.
Pristupljeno: lipanj 2016.
- [15] Državni zavod za statistiku, Ljetopis 2015,
http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2015/sljh2015.pdf. Pristupljeno: lipanj 2016.
- [16] Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr/>. Pristupljeno: lipanj 2016.
- [17] Željezničar, list HŽ Infrastrukture d.o.o., broj 828, studeni 2014.,
www.hzinfra.hr/lgs.axd?t=16&id=13099. Pristupljeno: lipanj 2016.
- [18] C. Heidt, W. Knörr, M. Schmied; Emissions and Energy Consumption from Inland Navigation in Germany – A New Inventory Model with High Resolution of Input Data and Results; 20th International Transport and Air Pollution Conference 2014.